



**TUGAS AKHIR TF 145565**

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN  
SUHU PADA MINI PLANT PENGERING KUNYIT  
BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA 16**

**PRIHARTINI NURMACRIFAH  
NRP 2414 031 046**

**Dosen Pembimbing  
Ir. Roekmono, MT  
NIP. 19580908 198601 1 001**

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK INSTRUMENTASI  
DEPARTEMEN TEKNIK INSTRUMENTASI  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017**





**TUGAS AKHIR TF 145565**

**RANCANG BANGUN SISTEM  
PENGENDALIAN SUHU PADA MINI PLANT  
PENGERING KUNYIT BERBASIS  
MIKROKONTROLER ATMEGA 16**

**PRIHARTINI NURMACRIFAH  
NRP 2414 031 046**

**Dosen Pembimbing  
Ir. Roekmono, MT  
NIP. 19580908 198601 1 001**

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK INSTRUMENTASI  
DEPARTEMEN TEKNIK INSTRUMENTASI  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017**



***FINAL PROJECT TF 145565***

***DESIGN CONTROL SYSTEM OF  
TEMPERATURE IN MINI PLANT  
CURCUMA DRYER BASED ON ATMEGA  
MICROCONTROLLER 16***

**PRIHARTINI NURMACRIFAH  
NRP 2414 031 046**

***Supervisor***  
**Ir. Roekmono, MT**  
**NIP. 19580908 198601 1 001**

***STUDY PROGRAM OF D3 ENGINEERING  
INSTRUMENTATION  
DEPARTMENT OF ENGINEERING  
INSTRUMENTATION  
FACULTY OF VOCATION  
INSTITUT TECHNOLOGY SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017***

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN SUHU  
PADA MINI PLANT PENERING KUNYIT BERBASIS  
MIKROKONTROLER ATMEGA 16**

**TUGAS AKHIR**

**Oleh :**

**PRIHARTINI NURMACRIFAH  
NRP. 2414 031 046**

**Surabaya, 28 Juli 2017  
Mengetahui / Menyetujui**

**Kepala Departemen  
Teknik Instrumentasi**

**Dosen Pembimbing**

  
**Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc**  
**NIP.19620822 198803 1 001**



  
**Ir. Roekmono, MT**  
**NIP.19580908 198601 1 001**

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN SUHU  
PADA MINI PLANT PENERING KUNYIT BERBASIS  
MIKROKONTROLER ATMEGA 16**

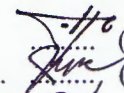
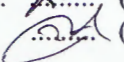
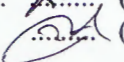
**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Ahli Madya  
Pada  
Program Studi D3 Teknik Instrumentasi  
Departemen Teknik Instrumentasi  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**Prihartini Nurmacrifah**  
**NRP. 2414 031 046**

Disetujui Oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Ir.Roekmono,MT
  2. Dr. Ir. Purwadi Agus D., M.Sc.  (Dosen Pembimbing)
  3. Murry Raditya, ST, MT.  (Ketua Tim Penguji)
-  (Dosen Penguji 1)

**SURABAYA**  
**JULI 2017**

# **RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN SUHU PADA MINI PLANT PENERING KUNYIT BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA 16**

**Nama Mahasiswa** : Prihartini Nurmacrifah  
**NRP** : 2414 031 046  
**Program Studi** : D3 Teknik Instrumentasi  
**Departemen** : Departemen Teknik  
**Fakultas** : Fakultas Vokasi  
**Dosen Pembimbing** : Ir.Roekmono,MT

## **Abstrak**

Kunyit merupakan salah satu hasil perkebunan nasional dengan jumlah permintaan yang terus meningkat, tetapi belum mampu diimbangi oleh produksi dalam negeri. Padahal untuk kebutuhan produksi di industri jamu tradisional rata-rata membutuhkan bahan baku kunyit sebesar 1,5 - 6 ton/bulan dan untuk kebutuhan pasar domestik dari tahun ke tahun selalu mengalami peningkatan dengan presentase 10-25% per tahunnya. Selain itu, kunyit yang kering >12% dapat menyebabkan waktu penyimpanan kunyit ini tidak bertahan lama karena bisa jadi akan tumbuhnya jamur sehingga harga jual pun juga akan turun. Dan jika kunyit yang kering <12% Maka, berat kunyit kering saat di timbang juga akan semakin berkurang sehingga akan berpengaruh pula saat proses jual/beli. Oleh karena itu, sistem pengeringan kunyit berupa oven pengering dengan menggunakan sensor termokopel yang dilengkapi pengaduk serta dapat berputar didalam drum pengering (*Rotary Dryer*) dengan menggunakan prinsip kerja putaran seperti halnya mesin blender dapat mengeringkan kunyit dengan hasil pengujian alat yang cukup baik. Sesuai hasil uji coba yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa suhu yang tepat untuk mengeringkan kunyit 500 gr adalah 70°C selama 100 menit sebanyak 3 kali pengulangan proses pengeringan. Dengan total akhir kadar air sebesar 11,7% untuk kunyit dengan umur cabut 14 hari. Sedangkan untuk kunyit dengan umur cabut 1 hari dengan berat, suhu, dan waktu pengeringan yang sama butuh 5 kali pengulangan proses pengeringan untuk bisa mendapatkan kadar air akhir 11,9%.

**Kata kunci** : Kunyit, Oven, Termokopel, *Rotary Dryer*

**DESIGN CONTROL SYSTEM OF TEMPERATURE  
IN MINI PLANT DRY DRYER BASED ON ATMEGA  
MICROCONTROLLER 16**

**Name of Student** : Prihartini Nurmacrifah  
**NRP** : 2414 031 046  
**Program Study** : D3 Engineering Instrumentation  
**Departement** : Departement Of Engineering Vocation  
**Faculty** : Faculty Of Vocation  
**Advisor** : Ir. Roekmono,MT

**Abstract**

*Curcuma is one of the national plantation products with an increasing number of demand, but has not been able to offset by domestic production. Whereas for the needs of production in the traditional herbal medicine industry requires a raw material of curcuma of 1.5 to 6 tons / month and for domestic market needs from year to year always increased with a percentage of 10-25% per year. In addition, the dry curcuma > 12% can cause curcuma storage time is not lasting long because it could be the growth of mushrooms so that the sale price will also fall. And if the curcuma is dry < 12% Then, the weight of curcuma on the weight weigh will also be reduced so it will also affect the process of sale / purchase. Therefore, the turbine drying system is a drying oven using a thermocouple sensor equipped with a stirrer and can rotate in a drying drum (Rotary Dryer) using rotary working principles just as a blender machine can dry curcuma with good tool test results. In accordance with the results of experiments that have been done can be seen that the right temperature to dry the curcuma 500 gr is 70°C for 100 minutes as much as 3 times the repetition of the drying process. With the final total water content of 11.7% for curcuma with 14 days lifting time. As for curcuma with 1 day lifetime with the same weight, temperature, and drying time it takes 5 times repetition of the drying process to be able to get the final moisture content of 11.9%.*

**Keywords:** Curcuma, Oven, Thermocouple, Rotary Dryer



## KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul **“Rancang Bangun Sistem Pengendalian Suhu Pada Mini Plant Pengereng Kunyit Berbasis Mikrokontroler Atmega 16”** dengan tepat waktu. Laporan ini dapat terselesaikan dengan dukungan dan peran serta dari berbagai pihak. Untuk itulah dalam kesempatan kali ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Purwadi Agus Darwinto, M.Sc selaku Ketua Departemen Teknik Instrumentasi
2. Bapak Ir. Roekmono, MT selaku pembimbing Tugas Akhir yang telah sabar membina dan banyak memberikan bantuan, wawasan ilmu ilmu serta pengalaman.
3. Bapak Dr. Dhany Arifianto ST, M.Eng Selaku Dosen Wali penulis.
4. Kedua orang tua tercinta (Ayahanda Kamid dan Ibunda Solikah) berserta kedua kakak tersayang (Achmad Syaifuddin dan Achmad Chusnul Roziq) yang telah mendukung penuh dan senantiasa memberikan semangat serta doa terbaik untuk bisa menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Gustyan Ubai Anggie Priyambada yang telah berjuang bersama sebagai partner terbaik dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
6. Mufit dan Aulia yang senantiasa memberikan semangat dan bantuan yang tak bisa ternilai bagi penulis
7. Teman-teman seperjuangan dalam mengerjakan Tugas Akhir di ruang zelena (Nova, Siti Sofiya, Nada, Putri, A. Marhamisyah, Luis, Amanda, Dimas Agus, dan syahril Arisdya)
8. Teman – teman tim garam dan tim biogas yang telah banyak membantu meminjamkan keperluan alat guna menyelesaikan pengerjaan alat TA

9. Teman-teman D3 Teknik Instrumentasi lainnya yang tidak bisa disebutkan penulis satu persatu serta teman – teman angkatan F49 yang selalu memberikan semangat dan motivasi kepada penulis.
10. Teman-teman workshop instrumentasi, Laboratorium Pengukuran Fisis dan Laboratorium Bahan yang selalu memberikan sarana dan prasarana guna menunjang pembuatan alat tugas akhir.
11. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebut satu persatu.

Penulis menyadari bahwa penyusunan laporan ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu saran serta kritik yang membangun sangat diharapkan penulis demi kesempurnaan laporan ini.

Dengan demikian laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan dengan harapan dapat bermanfaat bagi kita semua. Akhir kata penulis mohon maaf atas setiap kesalahan yang dilakukan selama pengerjaan Tugas Akhir sampai penyusunan laporan ini.

Surabaya, 28 Juli 2017  
Penulis,

**Prihartini Nurmacrifah**  
**2414 031 046**

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL.....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN PERUSAHAAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN JURUSAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Batasan Masalah .....	
1.5 Manfaat.....	3
1.6 Sistematika Laporan .....	3
<b>BAB II DASAR TEORI</b>	
2.1 Kunyit.....	5
2.2 Pengeringan Kunyit.....	5
2.3 Pengaruh Pengeringan Terhadap Kandungan Kunyit ..	7
2.4 Faktor –Faktor Yang Mempengaruhi Proses Pengeringan Kunyit.....	8
2.5 Mikrokontroler Atmega16.....	9
2.6 Sensor Termokopel Tipe K .....	14
2.7 MAX6675.....	15
2.8 Motor DC .....	17
2.9 Elemen Pemanas .....	20
2.10 Modul Relay .....	21
2.11 LCD ( <i>Liquid Crystal Display</i> ).....	22
2.12 <i>Software Code Vision AVR</i> .....	24
2.13 Sistem Pengendalian Proses .....	25
2.14 Teori Ketidakpastian .....	28
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Metodologi Penelitian .....	33

3.2 Studi Literatur.....	35
3.3 Teknik Pengumpulan Data .....	35
3.4 Perancangan Sistem dan Pembuatan Alat .....	36
3.5 Penetapan Variabel.....	40
3.6 Uji Sistem .....	40
<b>BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Analisa Data Sistem Pengendalian <i>Temperature</i> .....	41
4.2 Pengujian dan Data Spesifikasi Alat .....	44
4.3 Pengujian <i>Mini Plant</i> Pengering Kunyit .....	49
4.4 Perbandingan Kadar Air Berdasarkan Letak Sensor....	52
4.5 Pengambilan Data Respon Sistem .....	53
<b>BAB V PENUTUP</b>	
5.1 Kesimpulan.....	57
5.2 Saran .....	57
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	
<b>BIODATA PENULIS</b>	

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Kunyit .....	5
<b>Gambar 2.2</b> Pengeringan Kunyit dengan Cara Konvensional (Penjemuran) .....	6
<b>Gambar 2.3</b> Blok Diagram Atmega16 .....	11
<b>Gambar 2.4</b> Konfigurasi Pin Atmega 16.....	12
<b>Gambar 2.5</b> Jenis <i>Thermocouple</i> Berdasarkan Warna.....	14
<b>Gambar 2.6</b> Termokopel Tipe-K .....	15
<b>Gambar 2.7</b> Blok Diagram MAX6675.....	16
<b>Gambar 2.8</b> <i>Schematic</i> rangkaian MAX6675 .....	17
<b>Gambar 2.9</b> Motor DC 19 V .....	19
<b>Gambar 2.10</b> <i>Finned Tubular Heater</i> .....	20
<b>Gambar 2.11</b> <i>Modul Relay</i> .....	21
<b>Gambar 2.12</b> <i>Liquid Crystal Display</i> (LCD) .....	22
<b>Gambar 2.13</b> Diagram Blok Sistem Pengendalian Otomatis ...	25
<b>Gambar 2.14</b> Diagram Alir Penentuan Nla Ketidakpastian Baku dari Data Tipe A dan Tipe B.....	28
<b>Gambar 3.1</b> <i>Flowchart</i> penelitian tugas akhir.....	33
<b>Gambar 3.2</b> Diagram Blok Pengendalian Suhu Oven .....	34
<b>Gambar 3.3</b> Ukuran Dimensi Alat .....	37
<b>Gambar 3.4</b> Penampang dalam oven .....	37
<b>Gambar 3.5</b> Penampang Atas Rotary Dryer .....	38
<b>Gambar 3.6</b> Motor DC 19 V untuk Pemutar Rotary Dryer.....	38
<b>Gambar 4.1</b> Diagram Blok Sistem Pengendalian <i>Temperature</i> .....	41
<b>Gambar 4.2</b> Tampilan Depan Rancang Bangun Alat Pemotong dan Pengering Kunyit.....	42
<b>Gambar 4.3</b> Tampilan Dalam Rancang Bangun Alat Pengering Kunyit .....	43
<b>Gambar 4.4</b> Grafik Hysteresis <i>Temperature</i> .....	46
<b>Gambar 4.5</b> Kunyit Basah 1 hari .....	50
<b>Gambar 4.6</b> Hasil Pengeringan Kunyit dengan suhu 70 °C 100 Menit.....	50
<b>Gambar 4.7</b> Kunyit Basah 14 hari .....	51

<b>Gambar 4.8</b> Hasil Pengeringan Kunyit dengan suhu 70 °C 100 Menit.....	51
<b>Gambar 4.9</b> Letak Sensor Berdasarkan Angka .....	52
<b>Gambar 4.10</b> Grafik Respon pada set point suhu 50 0C .....	53
<b>Gambar 4.11</b> Grafik Respon pada set point suhu 60 °C.....	54
<b>Gambar 4.12</b> Grafik Respon pada set point suhu 70 °C.....	55

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Spesifikasi Modul MAX6675.....	16
<b>Tabel 2.2</b> Konfigurasi <i>Pin</i> LCD 16x4.....	23
<b>Tabel 2.3</b> <i>T-Student Distribution</i> .....	32
<b>Tabel 4.1</b> Keterangan Gambar.Sistem Pengering Kunyit.....	44
<b>Tabel 4.2</b> Data Pengukuran <i>Temperature</i> Naik dan Turun.....	45
<b>Tabel 4.3</b> Data kalibrasi <i>Temperature</i> .....	46
<b>Tabel 4.4</b> Data Pengujian Kadar Air Kunyit 1 Hari .....	49
<b>Tabel 4.5</b> Data Pengujian Kadar Air Kunyit 14 Hari .....	50
<b>Tabel 4.6</b> Pengambilan Data Berdasarkan Letak Sensor .....	52
<b>Tabel 4.7</b> Data Respon Sistem dengan Set Point Suhu 50 °C... 53	
<b>Tabel 4.8</b> Data Respon Sistem dengan Set Point Suhu 60 °C... 54	
<b>Tabel 4.8</b> Data Respon Sistem dengan Set Point Suhu 70 °C... 55	





# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kebutuhan kunyit nasional terus meningkat, tetapi belum mampu diimbangi oleh produksi dalam negeri. Padahal untuk kebutuhan produksi di industri jamu tradisional rata-rata membutuhkan bahan baku kunyit sebesar 1,5 - 6 ton/bulan dan untuk kebutuhan pasar domestik dari tahun ke tahun selalu mengalami peningkatan dengan presentase 10-25% per tahunnya. Sedangkan kebutuhan kunyit untuk seluruh dunia diperkirakan sekitar 12.000 ton per tahun, namun baru dipenuhi oleh India sebanyak 1.260 ton dan sebagian kecil dari China.<sup>[1]</sup>

Menurut Direktur Agribisnis CV Fortuna Agro Mandiri, Iyus Supriatna mengaku dirinya diminta untuk menyediakan kunyit basah sebanyak 7.000 ton per bulan ke India. Namun di tolaknya karena melihat kondisi agribisnis (kunyit) diindonesia yang masih jauh untuk bisa memenuhi pasokan yang diminta dengan waktu yang singkat. Perlu diketahui harga jual kunyit yang sudah kering dan sudah dirajang berkisar antara Rp 13000 – Rp 15000 perkilo dipasaran sedangkan untuk harga kunyit basah dan belum dirajang berkisar Rp 2000 perkilo. <sup>[2]</sup>

Metode pengeringan konvensional yang bergantung pada sinar matahari (penjemuran) memiliki sejumlah kelemahan. Dari segi produktivitas, pengeringan membutuhkan waktu lama, yaitu tiga hingga empat hari untuk cuaca cerah atau lima hingga tujuh hari untuk cuaca mendung. Hal ini berdampak pada biaya operasional yang tinggi dan dari segi kualitas, ketika cuaca mendung kadar air dari kunyit kering yang dihasilkan >10%, sedangkan *Relative Humidity* (RH) atau kelembaban standar kunyit kering rajang menurut hasil penelitian yang dilakukan oleh mahasiswa Universitas Diponegoro melalui kegiatan Pengabdian Masyarakat DIPA UNDIP, Jurusan Biologi FSM adalah 10%.

Alat pengering kunyit buatan kini sudah banyak diproduksi. Misalnya *Cabinet Dryer*, terbuat dari plat lembaran berbentuk persegi panjang seperti lemari dengan ukuran sesuai dengan

kebutuhan yang didalamnya juga terdapat rak untuk tempat peletakan rajangan kunyit, sumber panas yang digunakan adalah pembakaran batok kelapa yang kemudian di hembuskan menggunakan blower. Kekurangan dari metode ini adalah dari bahan bakar minyak tanah yang digunakan untuk membakar batok kelapa harganya mahal dan susah didapatkan. memiliki kekurangan pada segi ukuran dan kapasitas yang dibutuhkan, selain itu, contoh pengering kunyit (rimpang/empon-empon) lain juga ada dalam bentuk oven dan microwave, namun sistem alat ini menggunakan listrik sama seperti oven pada umumnya sehingga proses pengeringannya juga tidak bisa merata.

Oleh karena itu, pada Tugas Akhir (TA) ini dirancang sebuah sistem pengeringan kunyit berupa oven pengering dengan dilengkapi pengaduk yang dapat berputar didalam drum pengering dengan menggunakan prinsip kerja putaran seperti halnya mesin blender.

Kunyit yang kering  $>12\%$  dapat menyebabkan waktu penyimpanan kunyit ini tidak bertahan lama karena bisa jadi akan tumbuhnya jamur sehingga harga jual pun juga akan turun. Dan jika kunyit yang kering  $<12\%$  Maka, berat kunyit kering saat di timbang juga akan semakin berkurang sehingga akan berpengaruh pula saat proses jual/beli. Maka, dibutuhkan sebuah perancangan sistem pengendalian *temperature* dan kadar air kunyit untuk mencapai set point yang telah ditentukan dengan menggunakan sensor termokopel *type - K* dan Atmega16 agar kunyit kering yang dihasilkan dapat berkualitas baik sesuai dengan yang diharapkan. Selain itu, sistem kontrol ini juga dapat menunjukkan analisis pengaruh kenaikan suhu terhadap kadar air dan hasil kualitas kunyit, serta menunjukkan dinamika penurunan kadar air terhadap waktu. Sehingga didapatkan suhu dan waktu optimal untuk proses pengeringan pada kapasitas kunyit basah yang akan dikeringkan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan diatas, maka rumusan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah :

1. Bagaimana rangkaian pengendali suhu oven untuk menghasilkan kunyit kering yang berkualitas baik.
2. Bagaimana menentukan putaran oven agar diperoleh distribusi temperatur yang tepat untuk meratakan hasil pengeringan kunyit.

### **1.3 Tujuan**

Tujuan utama dari rancang bangun alat ini adalah untuk memenuhi mata kuliah tugas akhir sebagai syarat kelulusan dari program studi D3 Teknik Instrumentasi, serta untuk memberikan solusi pada rumusan masalah yaitu :

1. Membuat rancang bangun sistem pengendalian suhu oven untuk menghasilkan kualitas kunyit kering yang baik
2. Menghasilkan putaran oven agar memperoleh distribusi temperatur yang tepat untuk meratakan hasil pengeringan kunyit

### **1.4 Batasan Masalah**

Adapun batas ruang lingkup dari pelaksanaan tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Kecepatan putar motor pada *rotary dryer* tidak dibahas
2. Kecepatan putar *rotary dryer* terhadap kekeringan kunyit tidak dibahas

### **1.5 Manfaat**

Manfaat dari tugas akhir ini adalah sebagai sistem pengendali suhu oven untuk mendapatkan rajangan kunyit kering yang berkualitas baik dengan menggunakan mikrokontroler atmega 16.

### **1.6 Sistematika Laporan**

Penyusunan laporan tugas akhir ini dilakukan secara sistematis dan tersusun dalam lima bab dengan penjelasan sebagai berikut:

**BAB I Pendahuluan**

**BAB II Tinjauan Pustaka**

**BAB III Metodologi Penelitian**  
**BAB IV Hasil dan Pembahasan**  
**BAB V Kesimpulan dan Saran**

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1. Kunyit**

Kunyit merupakan tanaman dari family jahe dengan nama latin *Curcuma longa Koen* atau *Curcuma domestica Val.* Kunyit ini dikenal luas di Indonesia sebagai bahan pewarna dan penyedap makanan, rimpangnya sudah sejak dulu dipakai untuk mewarnai kapas, wol, sutera, tikar, dan barang – barang kerajinan lainnya. Senyawa utama yang terkandung dalam rimpang kunyit adalah senyawa kurkuminoid yang memberi warna kuning pada kunyit. Kurkuminoid ini (kebanyakan berupa kurkumin) menjadi pusat perhatian para peneliti yang mempelajari keamanan, sifat antioksidan, antiinflamasi, efek pencegah kanker, ditambah kemampuannya menurunkan resiko serangan jantung.<sup>[3]</sup>



**Gambar 2.1 Kunyit<sup>[3]</sup>**

Dengan melihat begitu banyak kelebihan kunyit, maka kebutuhan kunyit di Indonesia bahkan dunia cukup besar. Oleh karena itu, guna meningkatkan masa simpan kunyit, perlu dilakukan pengeringan sebagai bentuk usaha mengawetkan kunyit.

#### **2.2. Pengeringan Kunyit**

Pengeringan didefinisikan sebagai proses penghilangan sejumlah air dari suatu zat padat atau dari campuran gas. Pengeringan meliputi proses perpindahan panas, massa dan momentum. Operasi pengeringan terjadi oleh adanya panas yang terjadi secara fisik yaitu operasi penguapan. Dalam arti umum

pengeringan pada prinsipnya menggunakan perbedaan kelembaban antara udara pengering dengan bahan makanan yang dikeringkan (material), operasi pengeringan tidak hanya berarti pengambilan sejumlah kecil air saja melainkan berlaku juga untuk cairan-cairan selain air yang menghasilkan bahan padat yang kering.

Bahan yang akan dikeringkan biasanya dikontakkan dengan udara kering yang kemudian terjadi perpindahan massa air dari material ke udara pengering sehingga panas akan dipindahkan dari udara panas ke bahan basah tersebut, dimana panas ini akan menyebabkan air menguap ke dalam udara. Dalam pengeringan ini, dapat mendapatkan produk dengan satu atau lebih tujuan produk yang diinginkan, misalnya diinginkan bentuk fisiknya (bubuk, pipih, atau butiran), diinginkan warna, rasa dan strukturnya, mereduksi volume, serta memproduksi produk baru. Adapun dasar dari tipe pengering yaitu panas yang masuk dengan cara konveksi, konduksi, radiasi, pemanas elektrik, atau kombinasi antara tipe cara-cara tersebut. (Mujumdar,2004) Operasi pengeringan terdiri dari peristiwa perpindahan massa dan panas yang terjadi secara simultan, laju alir yang diuapkan tergantung pada laju perpindahan massa dan perpindahan panasnya. Sebelum memulai proses pengeringan, harus diketahui terlebih dahulu data keseimbangan bahan yang akan digunakan.



**Gambar 2.2** Pengeringan Kunyit dengan Cara Konvensional (Penjemuran) <sup>[3]</sup>

Proses pengeringan kunyit terbagi menjadi dua metode, yaitu:

1. Tipe konvensional

Tipe konvensional merupakan pengeringan yang dilakukan secara pemaparan kunyit pada sinar matahari, dimana pengeringan tipe ini memiliki banyak kekurangan, baik dari segi kualitas beras, produktivitas dan biaya operasional yang dibutuhkan untuk mengeringkan kunyit.

2. Tipe Pengeringan buatan

Metode ini terdiri dari beberapa tipe yang sudah ditemukan oleh inventor. Salah satunya adalah tipe *rotary dryer*, pada penelitian sebelumnya tipe *rotary dryer* menggunakan sumber listrik sebagai penyuplai suhu maupun penggerak tabung *rotary dryer*. Menurut Ifa dkk, pengeringan menggunakan tipe *rotary dryer* ini sangat potensial untuk dikembangkan, namun kendalanya saat ini adalah tingkat efisiensi dari segi energi yang digunakan untuk mengeringkan kunyit.

### 2.3. Pengaruh Pengeringan Terhadap Kandungan Kunyit

Pengeringan merupakan proses pengurangan kadar air bahan hingga mencapai kadar air tertentu sehingga menghambat laju kerusakan bahan akibat aktifitas biologis dan kimia (Brooker, et al., 2004). Dasar proses pengeringan adalah terjadinya penguapan air bahan ke udara karena perbedaan kandungan uap air antara udara dengan bahan yang dikeringkan. Agar suatu bahan dapat menjadi kering, maka udara harus memiliki kandungan uap air atau kelembaban yang relatif rendah dari bahan yang dikeringkan. Pada saat suatu bahan dikeringkan terjadi dua proses secara bersamaan, yaitu:

1. Perpindahan panas dari lingkungan untuk menguapkan air pada permukaan bahan.
2. Perpindahan massa (air) di dalam bahan akibat penguapan pada proses pertama.
3. Mekanisme pengeringan diterangkan melalui teori tekanan uap. Air yang diuapkan terdiri dari air bebas dan

air terikat. Air bebas berada di permukaan dan yang pertama kali mengalami penguapan (Mujumdar dan Devahastin, 2002). Bila air permukaan telah habis, maka terjadi migrasi air dan uap air dari bagian dalam bahan secara difusi. Migrasi air dan uap terjadi karena perbedaan konsentrasi atau tekanan uap pada bagian dalam dan bagian luar bahan (Handerson dan Perry, 2003).

## **2.4 Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi Proses Pengeringan Kunyit**

Beberapa faktor yang mempengaruhi proses pengeringan kunyit, diantaranya:

### **a. Lama waktu Panen kunyit**

Kadar air dalam kunyit merupakan sifat yang paling dominan dalam mempengaruhi proses pengeringan. Sebab, kadar air kunyit yang baru dipanen sangat berbedea dengan kadar air kunyit yang telah ditanam beberapa hari sebelumnya. Hal itu dikarenakan kunyit yang telah disimpan lama akan kehilangan kadar air secara perlahan (kering) sehingga membutuhkan waktu yang lumayan cepat apabila diproses sebagai kunyit kering.

### **2. Massa kunyit yang dikeringkan**

Banyak dan sedikitnya kunyit yang dikeringkan juga mempengaruhi cepat atau lambatnya pengeringan, apabila kunyit yang dikeringkan berjumlah banyak, maka pengeringan akan lama dan sebaliknya apabila kunyit yang dikeringkan berjumlah sedikit maka pengeringan akan lebih cepat.

### **3. Suhu**

Pengeringan kunyit juga dipengaruhi oleh suhu selama proses pengeringan. Prinsipnya, semakin tinggi suhu pengeringan, maka semakin cepat proses pengeringan yang terjadi. Karena penguapan kadar air juga terjadi lebih cepat. Namun, pengkajian terkait suhu pada proses pengeringan ini perlu dilakukan analisa, untuk menentukan suhu optimal yang dapat menghasilkan kualitas kunyit kering yang paling baik.



Secara fisik, apabila kunyit dikeringkan pada suhu yang tinggi, akan mengakibatkan sifat kegetasan pada kunyit. Sehingga menyebabkan kunyit mudah rapuh atau patah dan bisa jadi kehilangan beberapa kandungan penting didalamnya.

#### 4. Waktu pengeringan

Pengeringan alami dengan menjemur atau menganginkan kunyit membutuhkan energi untuk penguapan yang diperoleh dari sinar matahari. Dalam hal ini kunyit harus dikeringkan selama 5 sampai 7 hari tergantung dengan cuaca (mendung atau terik matahari). Kelebihan pengeringan alami adalah biaya energi lebih murah. Sedangkan kelemahannya antara lain, memerlukan banyak tenaga kerja untuk menebarkan, membalik dan mengumpulkan kembali, sangat tergantung pada cuaca, memerlukan lahan yang luas, sulit mengatur suhu dan laju pengeringan serta terkontaminasi oleh debu dan tanah. Pengeringan dengan alat mekanik dapat menggunakan udara dipanaskan. Udara yang dipanaskan tersebut dialirkan ke bahan yang akan dikeringkan dengan menggunakan alat penghembus udara (*blower*) (Brandenberg et al, 1982). Pengeringan dengan menggunakan alat mekanis (pengeringan buatan) yang menggunakan tambahan panas memberikan beberapa keuntungan diantaranya tidak tergantung cuaca, kapasitas pengeringan dapat dipilih sesuai dengan yang diperlukan, tidak memerlukan tempat yang luas, serta kondisi pengeringan dapat dikontrol. Pengeringan mekanis ini memerlukan energi untuk memanaskan alat pengering. Dengan menggunakan pengering buatan kunyit bisa lebih cepat kering dengan waktu tidak sampai satu hari.

## 2.5 Mikrokontroler Atmega16

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer lengkap dalam satu chip. Mikrokontroler lebih dari sekedar sebuah mikroprosesor karena sudah terdapat atau berisikan ROM (*Read-Only Memory*), RAM (*Read-Write Memory*), beberapa port masukan maupun keluaran, dan beberapa peripheral seperti pencacah/pewaktu, ADC (*Analog to Digital converter*), DAC

(*Digital to Analog converter*) dan serial komunikasi. Salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan saat ini yaitu mikrokontroler AVR. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, peripheral, dan fiturnya. Seperti mikroprosesor pada umumnya, secara internal mikrokontroler ATmega16 terdiri atas unit-unit fungsionalnya *Arithmetic and Logical Unit* (ALU), himpunan register kerja, register dan dekoder instruksi, dan pewaktu serta komponen kendali lainnya. <sup>[4]</sup>

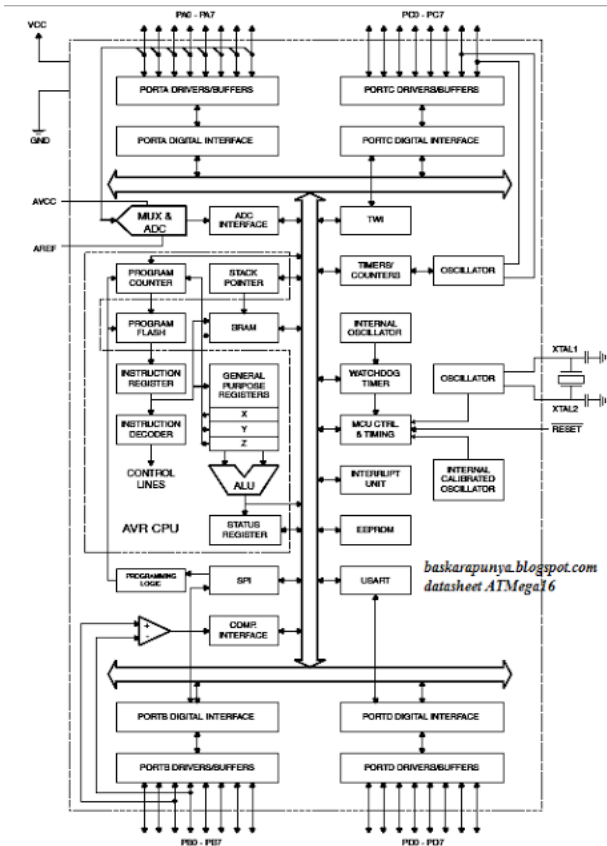
### 2.5.1 Arsitektur Atmega 16

#### Mikrokontroler i

Jni menggunakan arsitektur Harvard yang memisahkan memori program dari memori data, baik bus alamat maupun bus data, sehingga pengaksesan program dan data dapat dilakukan secara bersamaan (*concurrent*), adapun blog diagram arsitektur ATmega16. Secara garis besar mikrokontroler ATmega 16 terdiri dari :

1. Arsitektur RISC dengan throughput mencapai 16 MIPS pada frekuensi 16Mhz.
2. Memiliki kapasitas Flash memori 16Kbyte, EEPROM 512 Byte, dan SRAM 1Kbyte
3. Saluran I/O 32 buah, yaitu Port A, Port B, Port C, dan Port D.
4. CPU yang terdiri dari 32 buah register.
5. *User interupsi internal dan eksternal*
6. Port antarmuka SPI dan Port USART sebagai komunikasi serial
7. Fitur *Peripheral*
  - Dua buah 8-bit *timer/counter* dengan *prescaler* terpisah dan mode *compare*
  - Satu buah 16-bit *timer/counter* dengan *prescaler* terpisah, *mode compare*, dan *mode capture*
  - *Real time counter* dengan osilator tersendiri
  - Empat kanal PWM dan Antarmuka komparator analog
  - 8 kanal, 10 bit ADC
  - *Byte-oriented Two-wire Serial Interface*

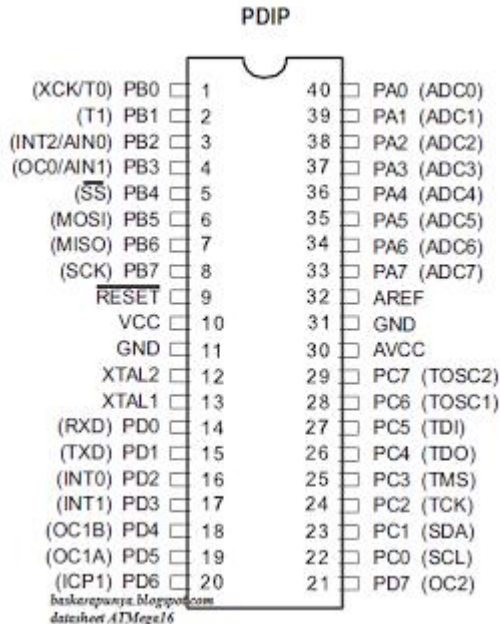
- *Watchdog timer dengan osilator internal*



**Gambar 2.3** Blok Diagram Atmega16<sup>[4]</sup>

### 2.5.2 Konfigurasi PIN Atmega 16

Konfigurasi pin mikrokontroler Atmega16 dengan kemasan 40.



**Gambar 2.4** Konfigurasi Pin Atmega 16<sup>[4]</sup>

➤ Port A (PA7..PA0)

Port A berfungsi sebagai *input analog* pada konverter A/D. Port A juga sebagai suatu port I/O 8-bit dua arah, jika A/D konverter tidak digunakan. Pin - pin Port dapat menyediakan resistor *internal pull-up* (yang dipilih untuk masing-masing bit). Port A output buffer mempunyai karakteristik gerakan simetris dengan keduanya sink tinggi dan kemampuan sumber. Ketika pin PA0 ke PA7 digunakan sebagai input dan secara eksternal ditarik rendah, pin-pin akan memungkinkan arus sumber jika resistor *internal pull-up* diaktifkan. Port A adalah *tri-stated* manakala suatu kondisi reset menjadi aktif, sekalipun waktu habis.

➤ Port B (PB7..PB0)

Pin B adalah suatu pin I/O 8-bit dua arah dengan resistor *internal pull-up* (yang dipilih untuk beberapa bit). Pin B *output buffer* mempunyai karakteristik gerakan simetris dengan keduanya sink tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai input, Pin B yang secara eksternal ditarik rendah akan arus sumber jika resistor *pull-up* diaktifkan. Pin B adalah *tri-stated* manakala suatu kondisi reset menjadi aktif, sekalipun waktu habis.

➤ Port C (PC7..PC0)

Pin C adalah suatu pin I/O 8-bit dua arah dengan resistor *internal pull-up* (yang dipilih untuk beberapa bit). Pin C *output buffer* mempunyai karakteristik gerakan simetris dengan keduanya sink tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai *input*, pin C yang secara eksternal ditarik rendah akan arus sumber jika resistor *pull-up* diaktifkan. pin C adalah *tri-stated* manakala suatu kondisi reset menjadi aktif, sekalipun waktu habis.

➤ Port D (PD7..PD0)

Pin D adalah suatu pin I/O 8-bit dua arah dengan resistor *internal pull-up* (yang dipilih untuk beberapa bit). Pin D *output buffer* mempunyai karakteristik gerakan simetris dengan keduanya sink tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai input, pin D yang secara eksternal ditarik rendah akan arus sumber jika *resistor pull-up* diaktifkan. Pin D adalah *tri-stated* manakala suatu kondisi reset menjadi aktif, sekalipun waktu habis..

- RESET (*Reset input*)
- XTAL1 (*Input Oscillator*)
- XTAL2 (*Output Oscillator*)
- AVCC adalah pin penyedia tegangan untuk Port A dan Konverter A/D.
- AREF adalah pin referensi *analog* untuk konverter A/D.

## 2.6 Sensor Termokopel Tipe K

Termokopel adalah sensor suhu yang banyak digunakan yang berfungsi untuk mengubah perbedaan panas dalam benda yang diukur temperaturnya menjadi perubahan potensial atau tegangan listrik. Termokopel merupakan salah satu jenis dari *thermometer* elektronik. Dalam dunia industri penggunaan *thermocouple* dimanfaatkan untuk melakukan pengukuran suhu. Hal ini dikarenakan jangkauan pengukuran yang lebar, yakni – 270 sampai 2000 °C dengan sensitifitas yang sangat tinggi. *Thermocouple* dapat mengubah perbedaan temperatur menjadi potensial atau tegangan listrik yang besar beda potensial yang didapatkan adalah sekitar 1-70  $\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ , bergantung dari jenis termokopelnya<sup>[5]</sup>

Pada dasarnya terdapat 8 jenis tipe *thermocouple*. Perbedaanya terdapat pada bahan dan aplikasi penggunaannya. Mulai dari tipe K, tipe E, tipe J, tipe N, tipe B, tipe R, tipe S, dan tipe T. Sebagai penandanya adalah perbedaan warna pembungkus konduktor yang digunakan. Dapat dilihat pada gambar di bawah :

INDIA ISI-8784	USA ANSI-MC- 96-1	GERMANY DIN 43710-4	BRITISH BS-1843	FRENCH NFE C-42-324	JAPAN JIS C-1610- 1981
THERMOCOUPLE EXTENSION / COMPENSATING TYPE					
EXTENSION :					
K					
J					
T					
E					
N					
COMPENSATING :					
V					
R/S					
B					

**Gambar 2.5** Jenis *Thermocouple* Berdasarkan Warna<sup>[6]</sup>

Untuk *thermocouple* tipe-k, misal buatan Jepang, digunakan warna biru untuk pembungkus kabel, dan pembungkus konduktornya berwarna putih merah.<sup>[10]</sup>

*Thermocouple* tipe-k, terdiri dari dua buah konduktor yang berbeda komposisi, yaitu Kromel-Alumel. *Thermocouple* ini merupakan termokopel yang biasa digunakan dalam berbagai kegiatan industri. Selain harganya yang murah, termokopel ini juga mempunyai jangkauan yang cukup tinggi. Termokopel tipe-K memiliki batas suhu antara  $-270^{\circ}\text{C}$  sampai  $+1370^{\circ}\text{C}$ , dengan sensitivitas mendekati  $40\ \mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$  [6].

Termokopel adalah jenis sensor suhu yang digunakan untuk mendeteksi atau mengukur suhu melalui dua jenis logam konduktor berbeda yang digabung pada ujungnya sehingga menimbulkan efek “Thermo-electric” atau disebut juga dengan “Efek Seebeck“. Termokopel terdiri dari dua sambungan logam, yaitu:

- Reference Junction (Cold Junction ) ,merupakan sambungan acuan yang suhunya dijaga konstan dan biasanya diberi suhu yang dingin (  $\approx 0^{\circ}\text{C}$  ).
- Measuring Junction (Hot Junction ) , merupakan sambungan yang dipakai untuk mengukur suhu atau disebut juga sambungan panas.

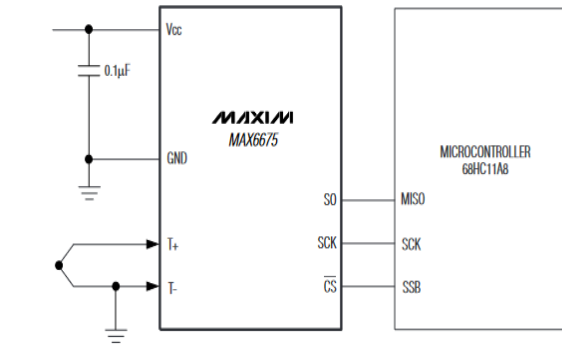


**Gambar 2.6** Termokopel Tipe-K<sup>[6]</sup>

## 2.7 MAX6675

MAX6675 merupakan sebuah *converter* pengganti *cold-junction* dan pendigitalan sinyal dari *Thermocouple* tipe-K. Data yang diberikan adalah *output* dalam resolusi 12-bit, kompatibel dengan SPI™, dan hanya Format *Read Only*. *Converter* ini mampu membaca suhu sampai  $0,25^{\circ}\text{C}$ , dan memungkinkan pembacaan

suhu tinggi sampai + 1024° C, Dengan akurasi thermocouple 8 LBs untuk suhu mulai dari 0° C hingga + 700° C.



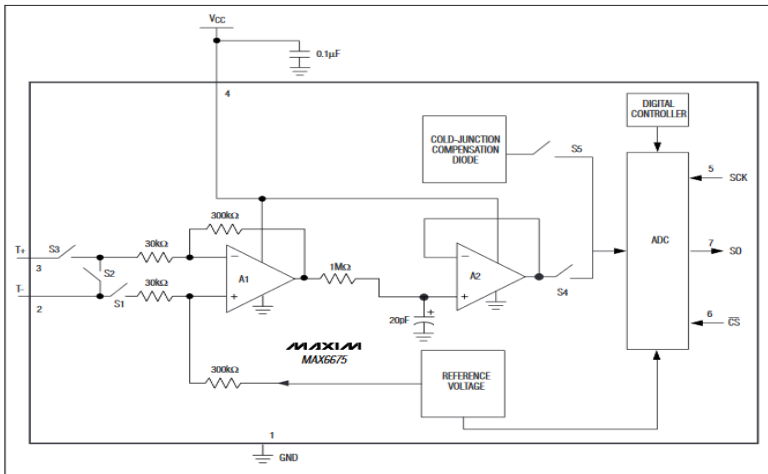
**Gambar 2.7** Blok Diagram MAX6675<sup>[7]</sup>

MAX6675 merupakan *thermocouple digital converter* canggih, dengan *built in 12-bit analog ke digital (ADC)*. MAX6675 juga merupakan *cold-junction compensation sensing, digital controller, SPI-compatible interface* dan *control logic*. MAX6675 dapat dengan mudah dikoneksikan ke Arduino atau *minsys* lainnya menggunakan komunikasi SPI.

**Tabel 2.1** Spesifikasi Modul MAX6675

Operating voltage	3. 0 ~ 5. 5V
Operating Current	50mA
Cold junction compensation range	- 20 ~ + 80 Degree
module size	25mm * 15mm * 13mm
Temperature resolution	0. 25 Degree
Using SPI 3 wire communication	SO, CS & SCK
Internal integrated cold junction compensation circuit	
With a simple three serial interface	
Temperature signal can be converted into 12-bit digital	





**Gambar 2.8** Schematic rangkaian MAX6675<sup>[7]</sup>

MAX6675 termasuk perangkat *signal-condition* untuk mengkonversi sinyal *thermocouple* ke dalam tegangan yang kompatibel dengan saluran masukan dari ADC. T<sup>+</sup> dan T<sup>-</sup> inputs terhubung ke sirkuit internal yang mengurangi kesalahan/error dari kabel *thermocouple*. Sebelum mengubah tegangan *thermoelectric* ke nilai suhu yang setara, perlu mengimbangi perbedaan antara sisi *cold-junction thermocouple* (suhu ambient MAX6675) dan 0 °C referensi virtual. Untuk termokopel tipe-K, perubahan tegangan terjadi pada 41μV/°C, yang mendekati Karakteristik *thermocouple* secara linear.

$$V_{out} = (41\mu V / ^\circ C) 5 (T_R - T_{amb}) \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

V<sub>out</sub> adalah tegangan keluaran *thermocouple* (μV).

T<sub>R</sub> adalah suhu *thermocouple junction* (°C). <sup>[11]</sup>

## 2.8 Motor DC

**Motor DC** adalah jenis motor listrik yang bekerja menggunakan sumber tegangan DC. Motor DC atau motor arus

searah sebagaimana namanya, menggunakan arus langsung dan tidak langsung/*direct-unidirectional*. *Motor DC* digunakan pada penggunaan khusus dimana diperlukan enyalaan *torque* yang tinggi atau percepatan yang tetap untuk kisaran kecepatan yang luas<sup>[8]</sup>.

### **2.8.1 Komponen Utama Motor DC**

Sebuah motor DC yang memiliki tiga komponen utama<sup>[8]</sup> :

#### **a. Kutub medan magnet**

Secara sederhana digambarkan bahwa interaksi dua kutub magnet akan menyebabkan perputaran pada motor DC. Motor DC memiliki kutub medan yang stasioner dan kumparan motor DC yang menggerakkan bearing pada ruang diantara kutub medan. Motor DC sederhana memiliki dua kutub medan: kutub utara dan kutub selatan. Garis magnetik energi membesar melintasi bukaan diantara kutub-kutub dari utara ke selatan. Untuk motor yang lebih besar atau lebih kompleks terdapat satu atau lebih elektromagnet. Elektromagnet menerima listrik dari sumber daya dari luar sebagai penyedia struktur medan.

#### **b. Kumparan Motor DC**

Bila arus masuk menuju kumparan motor DC, maka arus ini akan menjadi elektromagnet. kumparan motor DC yang berbentuk silinder, dihubungkan ke as penggerak untuk menggerakkan beban. Untuk kasus motor DC yang kecil, kumparan motor DC berputar dalam medan magnet yang dibentuk oleh kutub-kutub, sampai kutub utara dan selatan magnet berganti lokasi. Jika hal ini terjadi, arusnya berbalik untuk merubah kutub-kutub utara dan selatan kumparan motor DC.

#### **c. Commutator Motor DC**

Komponen ini terutama ditemukan dalam motor DC. Kegunaannya adalah untuk membalikan arah arus

listrik dalam kumparan motor DC. *Commutator* juga membantu dalam transmisi arus antara kumparan motor DC dan sumber daya.

### 2.8.2 Kelebihan Motor DC

Keuntungan utama motor DC adalah dalam hal pengendalian kecepatan motor DC tersebut, yang tidak mempengaruhi kualitas pasokan daya. Motor ini dapat dikendalikan dengan mengatur :

- Tegangan kumparan motor DC – meningkatkan tegangan kumparan motor DC akan meningkatkan kecepatan
- Arus medan – menurunkan arus medan akan meningkatkan kecepatan.



**Gambar 2.9** Motor DC 19 V

Motor DC tersedia dalam banyak ukuran, namun penggunaannya pada umumnya dibatasi untuk beberapa penggunaan berkecepatan rendah, penggunaan daya rendah hingga sedang seperti peralatan mesin dan *rolling mills*, sebab sering terjadi masalah dengan perubahan arah arus listrik mekanis pada ukuran yang lebih besar. Juga, motor tersebut dibatasi hanya untuk penggunaan di area yang bersih dan tidak berbahaya sebab resiko percikan api pada sikatnya. Motor DC juga relatif mahal dibanding motor AC.<sup>[8]</sup> Hubungan antara kecepatan, flux medan dan tegangan kumparan motor DC ditunjukkan dalam persamaan berikut :

Gaya elektromagnetik :

$$E = K \Phi N \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{Torque (T)} = K \Phi I_a \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

E = gaya elektromagnetik yang dikembangkan pada terminal kumparan motor DC (volt)

$\Phi$  = flux medan yang berbanding lurus dengan arus medan

N = kecepatan dalam RPM (putaran per menit)

T = *torque electromagnetic*

$I_a$  = arus kumparan motor DC

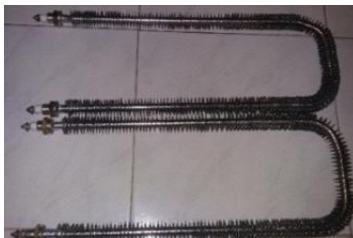
K = konstanta persamaan

## 2.9 Elemen Pemanas

Elemen pemanas merupakan piranti yang mengubah energi listrik menjadi energi panas melalui proses *Joule Heating*. Prinsip kerja elemen panas adalah arus listrik yang mengalir pada elemen menjumpai resistansinya, sehingga menghasilkan panas pada elemen<sup>[9]</sup>. Persyaratan elemen pemanas antara lain :

1. Harus tahan lama pada suhu yang dikehendaki.
2. Sifat mekanisnya harus kuat pada suhu yang dikehendaki.
3. Koefisien muai harus kecil, sehingga perubahan bentuknya pada suhu yang dikehendaki tidak terlalu besar.
4. Tahanan jenisnya harus tinggi.
5. Koefisien suhunya harus kecil, sehingga arus kerjanya sedapat mungkin konstan.

Dalam sistem ini digunakan elemen pemanas jenis Finned Tubular dengan kapasitas total 1000 watt seperti gambar dibawah ini:



**Gambar 2.10** *Finned Tubular Heater*

*Finned Tubular Heater* merupakan Elemen pemanas berbentuk pipa dan bersirip dan solusi yang paling cocok untuk pemanas udara. Seringkali digunakan dalam perakitan sebuah blower agar panas yang dihasilkan lebih maksimal dan bisa merata di dalam atau diluar sebuah ruangan yang telah disiapkan atau memanaskan zat gas di dalam ruangan, menghangatkan makanan dalam oven, mengeringkan, duct udara dll. <sup>[9]</sup>

*Finned Tubular Heater* merupakan tubular heater yang dimodifikasi/ditambahkan sirip . berbentuk pipa dan bersirip menjadi solusi yang paling cocok untuk pemanas udara , karena sirip sirip pada *finned heater* sangat efektif untuk memecah panas hingga merata di setiap bagian ruangan yang dipanaskan. Fungsi *finned tubular heater* adalah untuk menghasilkan udara panas yang efisien. Model dari *finned heater* itu sendiri sangat beragam dari model lurus , u , dan w .untuk ukuran panjang dan watt bisa disesuaikan dengan kebutuhan

## 2.10 Modul Relay

*Relay* adalah saklar (*switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen elektromekanikal yang terdiri dari 2 bagian utama yakni electromagnet (*coil*) dan mekanikal (seperangkat kontak saklar). *Relay* menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar, sehingga dengan arus listrik yang kecil dapat menghantarkan listrik yang bertegangan tinggi. Sebagai contoh, dengan *relay* yang menggunakan electromagnet 5V DC dan 50 mA mampu menggerakkan *armature relay* (berfungsi sebagai saklar) untuk menghantarkan listrik 220V AC dan 2A. <sup>[10]</sup>



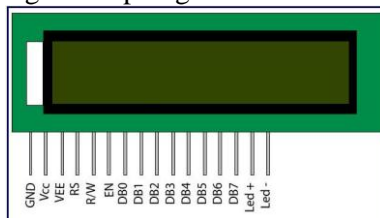
**Gambar 2.11** Modul Relay<sup>[10]</sup>

Pada dasarnya, *relay* terdiri dari 4 komponen dasar, yaitu electromagnet (*coil*), *armature*, *switch contact point* (saklar) dan *spring*. *Contact point relay* terdiri dari 2 jenis, yaitu *normally close* (NC) dan *normally open* (N). Prinsip kerja dari *relay* yaitu ketika kumparan *coil* diberikan arus listrik, maka akan timbul gaya elektronagnet yang kemudian menarik *armature* untuk berpindah dari posisi (misal dari NO ke NC). Pada saat tidak dialiri arus listrik, *armature* akan kembali lagi ke posisi awal. *Coil* yang digunakan oleh *relay* untuk menarik *contact point* pada umumnya hanya membutuhkan arus listrik yang relative kecil.<sup>[5]</sup>

Fungsi dari modul *relay* yaitu untuk mengkonversi *output* tegangan. Keluaran dari mikrokontroller ATmega 16 yaitu 5V DC yang kemudian digunakan untuk mematikan 2 elemen pemanas dan 1 buah motor DC pada plant pengering kunyit saat mencapai setpoint suhu dan waktu aktif yang telah ditentukan dan *relay* diperlukan untuk mengubah tegangan 5V DC tersebut menjadi tegangan 220V AC

## 2.11 Liquid Crystal Display (LCD)

*Display* elektronik adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah salah satu jenis *display* elektronik yang dibuat dengan teknologi CMOS *logic* yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap *front-lit* atau mentransmisikan cahaya dari *back-lit*. LCD (*Liquid Crystal Display*) berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun grafik.<sup>[11]</sup>



**Gambar 2.12** LCD 16x4<sup>[11]</sup>

LCD adalah lapisan dari campuran organik antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan indium oksida dalam bentuk tampilan *seven-segment* dan lapisan elektroda pada kaca belakang. Ketika elektroda diaktifkan dengan medan listrik (tegangan), molekul organik yang panjang dan silindris menyesuaikan diri dengan elektroda dari *segmen*. Cahaya yang dipantulkan tidak dapat melewati molekul-molekul yang telah menyesuaikan diri dan *segmen* yang diaktifkan terlihat menjadi gelap dan membentuk karakter data yang ingin ditampilkan.<sup>[6]</sup> Berikut merupakan konfigurasi dari *pin* LCD 16x4 :

**Tabel 2.2** Konfigurasi *Pin* LCD 16x4<sup>[11]</sup>

Pin	Simbol	Fungsi
1	Vss	GND
2	Vdd	+3V or +5V
3	Vo	<i>Contrast Adjustment</i>
4	RS	<i>H/L Register Select Signal</i>
5	R/W	<i>H/L Read/Write Signal</i>
6	E	<i>Enable Signal</i>
7	DB0	<i>H/L Data Bus Line</i>
8	DB1	<i>H/L Data Bus Line</i>
9	DB2	<i>H/L Data Bus Line</i>
10	DB3	<i>H/L Data Bus Line</i>
11	DB4	<i>H/L Data Bus Line</i>
12	DB5	<i>H/L Data Bus Line</i>
13	DB6	<i>H/L Data Bus Line</i>
14	DB7	<i>H/L Data Bus Line</i>
15	A/Vee	+4.2 for LED/Negative Voltage Output
16	K	<i>Power Supply for B/L (OV)</i>

Tabel 2.2 merupakan konfigurasi dari *pin* LCD 16x2. Untuk memperjelas tabel tersebut, berikut penjelasan *pin* LCD 16x2 :

- *Pin* data adalah jalur untuk memberikan data karakter yang ingin ditampilkan menggunakan LCD, dapat dihubungkan

dengan bus data dari rangkaian lain seperti mikrokontroller dengan lebar data 8 *bit*.

- *Pin RS (Register Select)* berfungsi sebagai indikator atau yang menentukan jenis data yang masuk, apakah data atau perintah logika *low* menunjukkan yang masuk adalah perintah, sedangkan logika *high* menunjukkan data.
- *Pin R/W (Read Write)* berfungsi sebagai instruksi pada modul jika *low* tulis data, sedangkan *high* baca data.
- *Pin E (Enable)* digunakan untuk memegang data baik masuk atau keluar.
- *Pin VLCD* berfungsi mengatur kecerahan tampilan (kontras) dimana *pin* ini dihubungkan dengan *trimpot*, jika tidak digunakan dihubungkan ke *ground*, sedangkan tegangan catu daya ke LCD sebesar 5 V.

## 2.12 Software Code Vision AVR

*Code Vision AVR* merupakan sebuah *cross-compiler C*, *Integrated Development Environment (IDE)*, dan *Automatic Program Generator* yang didesain untuk mikrokontroler buatan Atmel seri AVR. *Code Vision AVR* dapat dijalankan pada sistem operasi Windows 95, 98, Me, NT4, 2000, dan XP. *Cross-compiler C* mampu menerjemahkan hampir semua perintah dari bahasa ANSI C, sejauh yang diizinkan oleh arsitektur dari AVR, dengan tambahan beberapa fitur untuk mengambil kelebihan khusus dari arsitektur AVR dan kebutuhan pada sistem *embedded*.

*File object COFF* hasil kompilasi dapat digunakan untuk keperluan *debugging* pada tingkatan C, dengan pengamatan variabel, menggunakan *debugger Atmel AVR Studio*. IDE mempunyai fasilitas internal berupa *software AVR Chip In-System Programmer* yang memungkinkan untuk melakukan *transfer* program kedalam *chip* mikrokontroler setelah sukses melakukan kompilasi/assembly secara otomatis. *Software In-System Programmer* didesain untuk bekerja dengan *Atmel STK500/AVRISP/AVRProg*, *Kanda System STK200+/300*, *Dontronics DT006*, *Vogel Elektronik VTEC-ISP*, *Futurlec JRAVR*



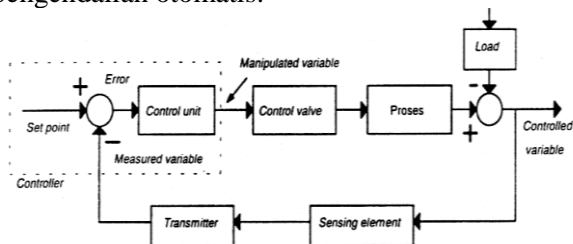
dan *Micro Tronics ATCPU/Mega2000 programmers/ development boards* <sup>[12]</sup>.

### 2.13 Sistem Pengendalian Proses

Sistem adalah kombinasi dari beberapa komponen yang bekerja bersama-sama dan melakukan suatu sasaran tertentu, sedangkan pengendalian diartikan sebagai mengekang dan menguasai. Jadi sistem pengendali proses adalah sistem pengendalian suatu parameter dari berbagai macam proses. Sistem pengendalian proses terbagi menjadi dua yaitu sistem pengendalian manual dan sistem pengendalian otomatis

- a. Sistem pengendalian manual adalah sistem pengendalian dengan subyek adalah makhluk hidup, contoh oleh manusia. Biasanya sistem ini dipakai pada beberapa proses-proses yang tidak banyak mengalami perubahan beban (*load*) atau pada proses yang tidak kritis.
- b. Sistem pengendalian otomatis adalah sistem pengendalian dimana subyek digantikan oleh suatu alat yang disebut *controller*. Dimana tugas untuk membuka dan menutup *valve* tidak lagi dikerjakan oleh operator, tetapi atas perintah *controller*.

Semua analisa sistem pengendalian selalu dimulai dengan menampilkan diagram blok sistem. Didalam diagram blok sistem pengendalian otomatis, akan selalu ada komponen-komponen pokok seperti elemen proses, elemen pengukuran (*sensing element* dan *transmitter*), elemen *controller* (*control unit*), dan *final control element* (*control valve*) <sup>[13]</sup>. Berikut merupakan diagram blok sistem pengendalian otomatis:



**Gambar 2.13** Diagram Blok Sistem Pengendalian Otomatis<sup>[13]</sup>

Pada gambar 2.13, bagian *controller* mempunyai *summing junction* dengan tanda positif-negatif (+/-). Di titik inilah langkah membandingkan dilakukan mengurangi besaran *set point* dengan sinyal *measurement variable*. Hasilnya adalah sinyal yang disebut *error*. Untuk tanda (-) pada *summing junction* sistem pengendalian otomatis disebut sistem *negative feedback*., jika tanda pada *summing junction* (+) maka sistem pengendalian otomatis disebut *positif feedback*. Beberapa keterangan mengenai elemen-elemen sistem pengendalian otomatis dari diagram blok pada gambar 2.16 adalah sebagai berikut:

a. Proses (*Process*)

Proses adalah tatanan peralatan yang mempunyai suatu fungsi tertentu. *Input* proses dapat bermacam-macam, yang pasti merupakan besaran yang dimanipulasi oleh *final control element* atau *control valve* agar variabel yang dimaksud sama dengan *set point*. *Input* proses ini juga disebut *manipulated variable*.

b. *Controlled Variable*

*Controlled variable* adalah besaran atau *variable* yang dikendalikan. Besaran ini pada diagram blok juga disebut *output proses* atau *process variable*.

c. *Manipulated Variable*

*Manipulated variable* adalah *input* dari suatu proses yang dapat dimanipulasi atau diubah-ubah besarnya dengan tujuan agar *process variable* atau variabel yang dikendalikan besarnya sama dengan *set point*.

d. *Disturbance*

*Disturbance* adalah besaran lain, selain *manipulated variable*, yang dapat menyebabkan berubahnya *controlled variable*. Besaran ini juga disebut dengan *load*.

e. *Sensing Element (primary element.)*

*Sensing element* adalah bagian paling ujung suatu sistem pengukuran (*measuring system*). Contoh elemen pengukur yang banyak dipakai misalnya *thermocouple* atau *orifice plate*.

f. *Transmitter*

*Transmitter* adalah alat yang berfungsi untuk membaca sinyal *sensing element*, dan mengubahnya menjadi sinyal yang dapat dimengerti oleh *controller*.

g. *Transducer*

*Transducer* adalah unit pengalih sinyal. Kata *transmitter*, seringkali dirancukan dengan kata *transducer*. Keduanya memang mempunyai fungsi yang serupa, walaupun tidak sama benar. *Transducer* lebih bersifat umum, sedangkan *transmitter* lebih khusus pada penggunaan dalam sistem pengukuran.

h. *Measurement Variable*

*Measurement variable* adalah sinyal yang keluar dari *transmitter*. Besaran ini merupakan cerminan besarnya sinyal sistem pengukuran.

i. *Set Point*

*Set point* adalah besar *process variable* yang dikehendaki. Sebuah *controller* akan selalu berusaha menyamakan *controlled variable* dengan *set point*.

j. *Error*

*Error* adalah selisih antara *set point* dikurangi *measured variable*. *Error* bisa negatif, bisa juga positif. Bila *set point* lebih besar dari *measured variable*, *error* akan menjadi positif. Sebaliknya, bila *set point* lebih kecil dari *measured variable*, *error* menjadi negatif.

k. *Controller*

*Controller* adalah elemen yang mengerjakan tiga dari empat tahap langkah pengendalian yang membandingkan *set point* dengan *measurement variable*, menghitung berapa banyak koreksi yang perlu dilakukan, dan mengeluarkan sinyal koreksi sesuai dengan hasil perhitungan tadi. *Controller* sepenuhnya menggantikan peran manual dalam mengendalikan sebuah proses.

l. *Control Unit*

*Control unit* adalah bagian dari *controller* yang menghitung besarnya koreksi yang diperlukan. *Input control unit* adalah *error*, dan *output*-nya adalah sinyal

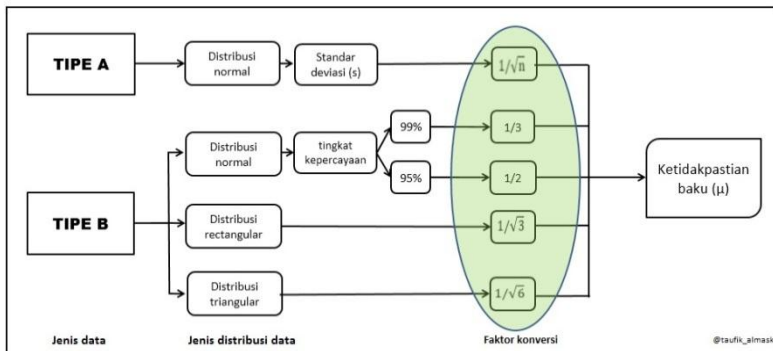
yang keluar dari *controller* (*manipulated variable*). *Control unit* memiliki *transfer function* yang tergantung pada jenis *controller*. *Output control unit* adalah hasil penyelesaian matematik *transfer function* dengan memasukkan nilai *error* sebagai *input*.

m. *Final Control Element*

*Final control element* adalah bagian akhir dari instrumentasi sistem pengendalian. Bagian ini berfungsi untuk mengubah *measurement variable* dengan cara memanipulasi besarnya *manipulated variable* berdasarkan perintah *controller* [20].

## 2.14 Teori Ketidakpastian

Sumber-sumber ketidakpastian yang turut memberikan kontribusi selain ada pada diri manusia sendiri sebagai pelaku pengukuran/kalibrasi juga pada alat-alat bantu (kalibrator) yang digunakan, juga resolusi alatnya serta pengaruh suhu lingkungan.



**Gambar 2.14** Diagram Alir Penentuan Nilai Ketidakpastian Baku dari Data Tipe A dan B [13]

Untuk mengevaluasi masing - masing sumber ketidakpastian tersebut, diperlukan analisa dengan menggunakan metoda statistik, yang disebut analisa *type A*, dan menggunakan selain metode statistik yang disebut dengan Analisa *type B*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat sebagai berikut:

a. Analisa *Type A*, ( $U_a$ )

Pada tipe ini biasanya ditandai dengan adanya data pengukuran, misalnya  $n$  kali pengukuran, maka selanjutnya dari data tersebut, akan ditemukan nilai rata-ratanya, standar deviasinya, dan atau *repeatability*-nya. Bentuk kurva dari tipe ini adalah sebaran Gauss. Rumus umum ketidakpatian untuk tipe A ini adalah:

$$Ua_1 = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana:

$\sigma$  = Standar deviasi

$n$  = Banyaknya data

Rumus standar deviasi ( $\sigma$ ) sendiri adalah sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum(y_i - \bar{y})^2}}{n-1} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana:

$y_i$  = nilai koreksi ke- $i$

$\bar{y}$  = rata-rata nilai koreksi

$\sigma$  = Standard Deviasi

Sedangkan untuk  $Ua_2$  rumusnya dapat diketahui seperti di bawah ini:

$$Ua_2 = \sqrt{\frac{SSR}{n}} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

$SSR$  (*Sum Square Residual*) =  $\sum SR$  (*Square Residual*)

$SR = R^2$  (*Residu*)

$$SSR = \sum R^2 \dots\dots\dots (2.3)$$

$$R = Y_i - Y_{Reg} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$Y_{Reg} = a + bX_i \dots\dots\dots (2.5)$$

$$a = \bar{y} + (b\bar{x}) \dots\dots\dots (2.6)$$

$$b = \frac{n \cdot \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \cdot \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \dots\dots\dots (2.7)$$

b. Analisa *Type B* ( $U_b$ )

Pada analisa tipe ini akan digunakan selain metode statistik, yaitu berdasarkan adanya sertifikat kalibrasi atau tidak dan spesifikasi dari alat tersebut. Berhubung dalam laporan ini alat ukur standar yang dipakai tidak ada sertifikat kalibrasi, maka rumusnya adalah sebagai berikut:

$$Ub_1 = \frac{0,5 \text{ Resolusi}}{\sqrt{3}} \dots\dots\dots (2.8)$$

$$Ub_2 = \frac{a}{k} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana:

$Ub_1$  = Ketidakpastian resolusi

$Ub_1$  = Ketidakpastian dari alat standar

$a$  = Ketidakpastian sertifikat kalibrasi

$k$  = faktor cakupan

c. Ketidakpastian Kombinasi ( $U_c$ )

Selanjutnya dari semua sumber ketidakpastian tersebut harus dikombinasikan atau digabungkan untuk memberikan gambaran menyeluruh ketidakpastian dari hasil kalibrasi tersebut. Rumus umum ketidakpastian kombinasi adalah:

$$U_c = \sqrt{\sum (U_a)^2 + \sum (U_b)^2} \dots\dots\dots (2.10)$$

Atau secara umum:

$$U_c^2 = \sum (C_i \cdot U_i)^2 \dots\dots\dots (2.11)$$

Dengan  $C_i$  = Koefisien sensitifitas dari ketidakpastian ke-  
I

d. Ketidakpastian Diperluas ( $U_{exp}$ )

Dalam pelaporan ketidakpastian hasil pengukuran/kalibrasi yang dilaporkan adalah ketidakpastian yang sudah dalam perluasan (*expanded*), sehingga hasil tersebut sangat logis dalam kenyataan, selain itu dengan menggunakan tingkat kepercayaan 95 %, seperti lazimnya dipakai dalam pelaporan-pelaporan saat ini, lain halnya jika ada pengecualian dengan mengambil tingkat kepercayaan

tertentu. Rumus ketidakpastian diperluas (*expanded uncertainty*) adalah:

$$U_{95} = k U_c \dots\dots\dots (2.12)$$

Dengan:

$U_{95}$  = Ketidakpastian diperluas

$k$  = Faktor Cakupan

$U_c$  = Ketidakpastian kombinasi

e. Derajat Kebebasan Efektif ( $V_{eff}$ )

Nilai faktor cakupan,  $k$  untuk perkalian ketidakpastian diperluas diatas didapat dari derajat kebebasan efektif,  $V_{eff}$ , dengan rumus:

$$V_{eff} = \frac{(U_c)^4}{\sum (U_i)^4 / V_i} \dots\dots\dots (2.13)$$

Dengan:

$U_c$  = Ketidakpastian kombinasi/gabungan

$U_i$  = Ketidakpastian individual ke-i

$V_i$  = Derajat kebebasan pada ketidakpastian individual ke-i

f. Tingkat Kepercayaan ( $U_{95}$ )

Tingkat kepercayaan merupakan tingkatan keyakinan akan keberadaan nilai sebenarnya pada suatu tindak pengukuran dengan menggunakan alat tertentu.

g. Faktor Cakupan ( $k$ )

Faktor cakupan meruakan faktor pengali pada ketidakpastian, sehingga membentuk cakupan logis pada penggunaan keseharian. Faktor cakupan dicari menggunakan tabel *T-Student Distribution* <sup>[14]</sup>.



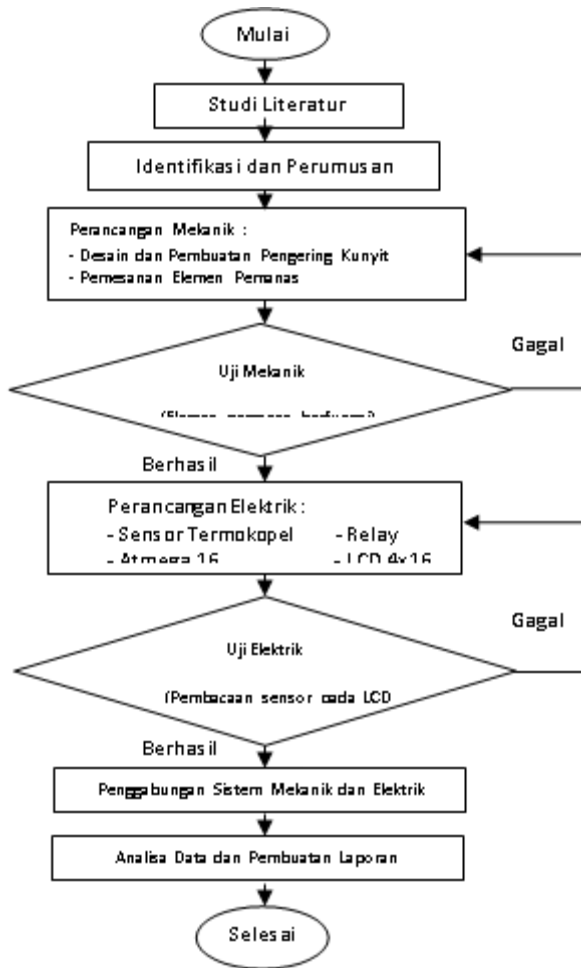


## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Metode Penelitian**

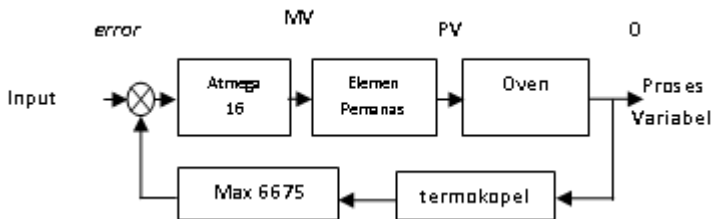
Dalam pelaksanaan penelitian ini, tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut:



**Gambar 3.1** Flowchart penelitian tugas akhir

Pada gambar 3.1 menjelaskan mengenai perancangan dan pembuatan alat yang meliputi studi literatur, perancangan sistem, penentuan komponen yang digunakan dan membuat *hardware* serta *software*. Komponen yang digunakan untuk merancang pengendalian *Temperature* pada pengering (Oven) kunyit yaitu *power supply*, sensor Termokopel, mikrokontroller ATmega 16, LCD, elemen pemanas, *relay* dan motor DC.

Adapun untuk prinsip kerja dari rancangan sistem pengendali suhu pada pengering kunyit dapat dilihat pada diagram blok sistem pengendalian suhu dibawah ini :



**Gambar 3.2.** Diagram Blok Pengendalian Suhu Oven

Gambar 3.2 merupakan diagram blok sistem pengendalian suhu pada mini *plant* pengering kunyit. Mikrokontroler ATmega 16 sebagai kontroler dengan mode *on-off*. Elemen Pemanas sebagai pengendali akhir atau aktuatur suhu yang aktif dibantu dengan relay. Pada sistem ini sensor digunakan adalah Termokopel tipe-K yang dapat mengukur suhu keadaan lingkungan dengan *output* keluaran berupa tegangan yang nantinya akan di ubah dalam bentuk satuan suhu. SV (*Set Value*) merupakan besar proses variabel yang dikehendaki. Error merupakan proses mengurangi besaran set value dengan nilai pengukuran. MV (*Manipulated Variable*) merupakan input dari suatu proses yang dapat dimanipulasi agar besarnya variabel proses sama dengan *set point*. PV (*Process Variable*) merupakan suatu proses yang dikendalikan pada suatu sistem.

Kenaikan suhu oven yang dihasilkan dari elemen pemanas dideteksi oleh sensor termokopel, kemudian sensor termokopel akan mengirimkan data ke mikrokontroler Atmega 16 untuk memproses data agar kemudian dapat dikirimke LCD untuk bisa ditampilkan besar suhu dan kelembaban dalam oven. Sehingga, ketika suhu mencapai 70 °C atau lebih, relay akan memutuskan aliran listrik yang menuju ke elemen pemanas dan apabila suhu oven kurang dari 70 °C, relay akan aktif untuk bisa mengalirkan listrik ke elemen pemanas. Proses tersebut akan terus berlangsung sampai setpoint waktu proses tercapai.

### **3.2 Studi literatur**

Pada tahap awal dimulai dari studi literatur yang dilakukan untuk mendapatkan wawasan umum yang berhubungan dengan penelitian, hal ini dilakukan untuk mempelajari prinsip pengeringan, prinsip kerja sistem pengendalian suhu dan kelembaban pada proses pengeringan kunyit. Tahap berikutnya melakukan pengumpulan data, adapun data yang digunakan adalah data primer dan data sekunder. Selanjutnya adalah proses perancangan sistem, baik perancangan mekanik maupun perancangan elektrik, melalui uji mekanik dan uji elektrik. Tahap terakhir adalah melakukan analisis data dan pembahasan, kemudian menyimpulkan dari hasil penelitian secara keseluruhan.

### **3.3 Teknik Pengumpulan Data**

Data yang didapatkan dalam penelitian ini terbagi menjadi dua, yaitu:

#### **3.3.1 Data primer**

##### **a. Pengukuran fisis:**

- Ukuran volume tabung penampung
- Spesifikasi sensor termokopel
- Rata-rata kadar air awal kunyit
- Massa kunyit awal

##### **b. Percobaan laboratorium:**

- Kalibrasi sensor termokopel dengan termokopel digital untuk bisa mengetahui besar perbedaan pembacaan sensor yang digunakan dengan sensor standart

##### **c. Observasi:**

- Melakukan pengamatan langsung ke petani terkait pengeringan kunyit konvensional.

#### **3.3.2 Data Sekunder**

##### **a. Penjual dan Petani Kunyit**

- Meninjau ulang standar kadar air kunyit kering dan simpan lama
- Meninjau harga kunyit basah, dan kunyit kering

rajang

b. Jurnal Penelitian

- Meninjau alat pengering buatan yang telah ada.

### 3.4 Perancangan Sistem dan Pembuatan Alat

Setelah melakukan studi literatur, selanjutnya adalah melakukan perancangan sistem dan pembuatan rancang bangun pengendalian *temperature* pada *plant* pengering kunyit. Proses perancangan terdiri dari perancangan pembuatan *hardware* dan pembuatan *software*. *Hardware* dan *software* yang telah dibuat kemudian diintegrasikan dengan mikrokontroler Atmega 16 pada mekanik pengering (oven) agar dapat mengendalikan *temperature* sesuai dengan *setpoint* yang ditentukan. .

Pada umumnya, pengeringan dilakukan hingga mencapai kadar air 10% untuk mencapai standar kunyit kering yang berkualitas. Dengan menggunakan *moisturization*:

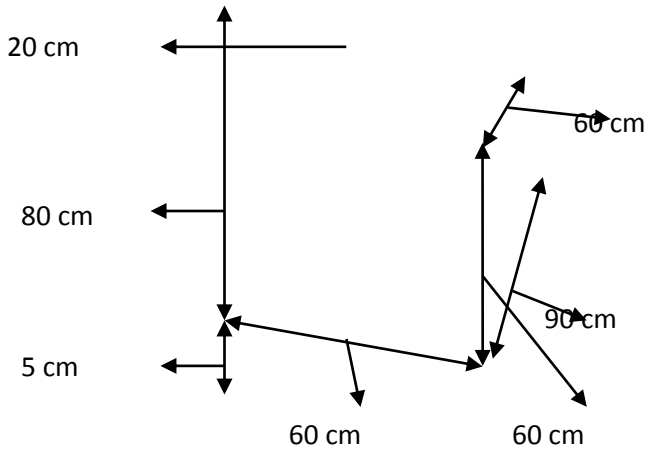
$$\Delta \text{ kadar air} = \text{massa air awal} - \text{massa air akhir} \dots\dots\dots (3.1)$$

$$\% \text{ kadar air} = \frac{\Delta \text{ kadar air}}{\text{massa air akhir}} \times 100\% \dots\dots\dots (3.2)$$

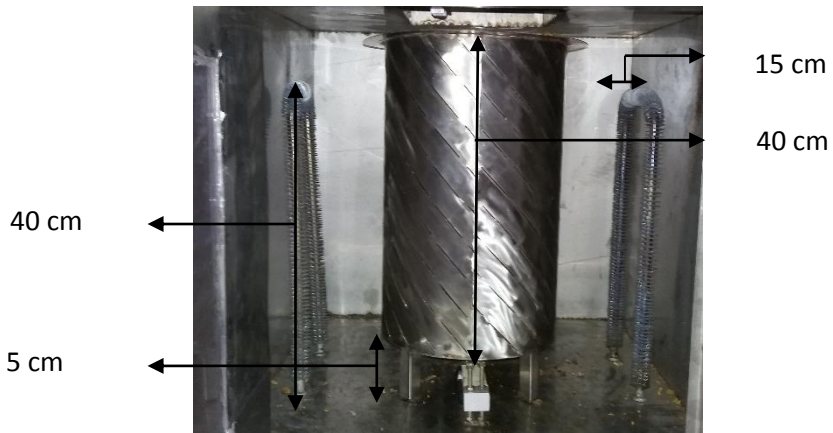
#### 3.4.1 Perancangan Sistem Mekanik

Melakukan perancangan alat yang meliputi penentuan sistem kerja pengeringan dan desain perangkat seperti komponen mekanik serta material yang digunakan. Dalam proses perancangan mekanik ini terdiri dari:

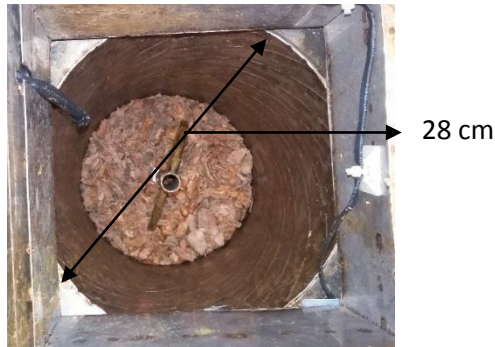




**Gambar 3.3** Ukuran Dimensi Alat



**Gambar 3.4** Penampang dalam oven



**Gambar 3.5** Penampang Atas Rotary Dryer



**Gambar 3.6** Motor DC 19 V  
untuk Pemutar *Rotary Dryer*

Dikarenakan sistem pengering kunyit termasuk bagian kesatuan dari pemotong kunyit maka, proses pengerjaan mekaniknya menjadi satu, yakni:

**Dimensi Pengering Kunyit :**

- Silinder penampung kunyit ( *Rotary Dryer* ) dilengkapi pengaduk guna meratakan proses pengeringan kunyit. Ukuran tinggi *rotary dryer* 40 cm

dan diameter penampung adalah 28 cm dengan kaki penyangga setinggi 5 cm

- Kubus oven dengan ukuran 60cm x 60cm x 60cm
- Kerangka penyangga yang dihitung keseluruhan bersama dimensi kubus oven memiliki ukuran 90cm x 60cm x 80cm
- Elemen pemanas jenis *finned tubular heater* (berbentuk U) dengan ukuran 40cm x 15cm
- Tempat elemen pemanas, sebagai sumber pemanas di dalam oven terletak pada bagian samping kanan dan kiri *rotary dryer*.
- Motor DC dengan tegangan 19 V dipasang dibawah oven, sebagai komponen pemutar silinder pada saat proses pengeringan berlangsung.

### 3.4.2 Perancangan Sistem Elektrik

Dalam proses pengerjaan sistem elektrik pengering kunyit terdiri dari komponen – komponen pengendali, antara lain perakitan motor DC pada bagian kerangka pemutar tabung penampung kunyit, pemasangan elemen pemanas yang telah tersambung oleh komponen elektrik berupa *relay* dan ATmega 16, serta pemasangan sensor termokopel. Tahap akhir yaitu pengerjaan sistem elektrik untuk mensinkronkan sensor dengan kontroler sesuai parameter set point yang diinginkan. Sistem elektrik ini terdiri dari:

- Motor listrik DC
- Sensor termokopel
- ATmega 16
- Relay
- LCD

Dalam menjalankan plant secara otomatis maka diperlukan kontrol untuk rangkaian sistem elektrik yang telah dibuat, sistem kontrol yang digunakan adalah atmega16 dengan *software* CVAVR.



### 3.4.3 Penggabungan Sistem

Setelah sistem mekanik dan sistem elektrik sudah bisa digunakan, maka tahap selanjutnya adalah melakukan penggabungan antara sistem mekanik dan sistem elektrik antara lain: Sistem mekanik merupakan perancangan tempat sensor termokopel, Kabel, Motor DC dan elemen pemanas. Dari komponen tersebut digabungkan maka membentuk sistem mekanik. Sistem elektrik dalam penelitian ini merupakan gabungan antara Sensor termokopel, *relay*, motor listrik DC, dan mikrokontroler ATmega 16 kemudian keempat komponen tersebut ini digabungkan semua dalam satu sistem maka akan membentuk sistem listrik untuk bisa menjadi sistem kontrol pengendali suhu.

### 3.5 Penetapan Variabel

Dalam pelaksanaan tugas akhir ini yang ditetapkan sebagai variabel tetap adalah berat kunyit (500 gr) dan variabel berubah adalah jenis kunyit berdasarkan umur cabut ( 1 hari dan 14 hari ), suhu (50,60,70) °C dan waktu pengeringan ( 50 menit, 70 menit, dan 100 menit ).

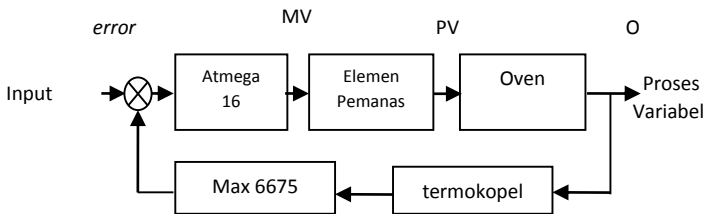
### 3.6 Uji Sistem

Apabila Sistem mekanik dan sistem elektrik sudah digabungkan, langkah selanjutnya yang dilakukan adalah menguji sistem tersebut untuk mengetahui apakah sistem bekerja dengan baik dan dapat menghasilkan *output* kerja sesuai yang diharapkan. Indikator keberhasilannya adalah, ketika sensor termokopel mendeteksi *temperature* oven kemudian sensor akan memberikan *input* kepada ATmega 16, selanjutnya ATmega 16 akan memberi sinyal *high* kepada 2 *relay* yang masing – masing tersambung pada elemen pemanas dan motor , agar *relay* dapat mematikan motor dan memutus aliran listrik ke elemen pemanas. Apabila pengujian dinyatakan berhasil, maka sistem pengendalian *temperature* pada mesin pengeringan kunyit dapat dinyatakan berfungsi.

## BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Analisa Data Sistem Pengendalian *Temperature*

Rancang bangun sistem pengendalian *Temperature* pada mini *plant* pengering kunyit merupakan sistem pengendalian yang menggunakan metode *feedback control system*. Ciri khas dari tipe ini adalah dengan adanya menu *feedback* sebelum melalui proses variabel (*output*), sehingga kerja pengendalian ini bersifat *continue*. Karena, apabila output sistem tidak sesuai dengan setpoint maka sistem akan mengirimkan signal dari pembacaan sensor untuk memberi aksi (kerja) pada aktuator. Berikut Gambar 4.1 merupakan diagram blok dari sistem pengendalian *Temperature* pada mini *plant* pengering kunyit menggunakan sensor termokopel berbasis mikrokontroller ATmega 16 :



**Gambar 4.1** Diagram Blok Sistem Pengendalian *Temperature*

Berdasarkan diagram blok pada Gambar 4.1 *Temperature* dalam oven pengering kunyit akan terukur oleh sensor termokopel. Kemudian suhu yang telah terukur oleh sensor termokopel akan menjadi *input* Mikrokontroller ATmega 16 untuk disesuaikan sesuai *setpoint*, yang mana jika suhu yang terukur sudah sesuai dengan *setpoint* maka mikrokontroller akan memutus aliran listrik ke *relay* elemen, sehingga kondisi *relay* yang awalnya NC kembali ke kondisi NO dan menyebabkan elemen pemanas berhenti aktif, namun jika suhu yang terbaca belum sesuai *setpoint* maka *relay* akan terus dalam kondisi NC yang menyebabkan listrik mengalir

terus ke elemen pemanas, sehingga elemen pemanas terus aktif sampai memenuhi suhu *setpoint* dalam oven.

Seperti yang sudah dijelaskan pada bab III, bahwasanya sistem pengendalian suhu pada mini plant pengering kunyit akan bekerja terus selama waktu yang telah ditentukan. Karena lama proses pengeringan kunyit yang berlangsung bergantung pula dengan suhu yang bekerja didalam oven. Semakin banyak kunyit yang dikeringkan, maka suhu dan waktu yang dibutuhkan juga akan lebih tinggi dan lama. Oleh karena itu pada percobaan tugas akhir ini, penulis akan menguji plant dengan menggunakan variabel tetap dan variabel berubah.

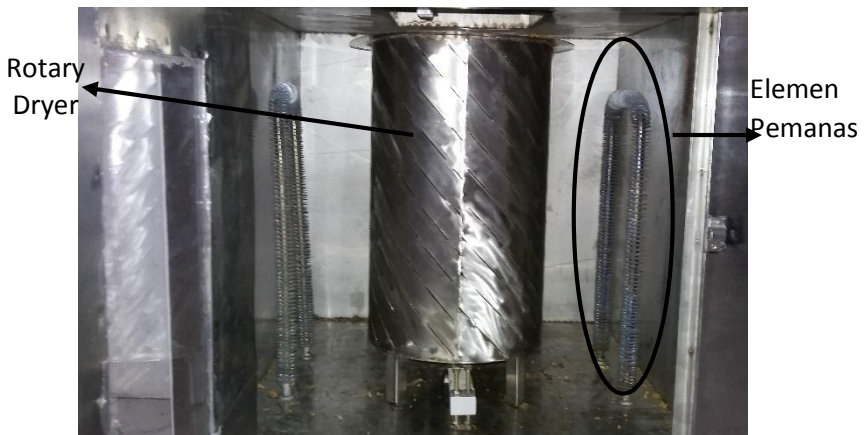
Tujuan utama menggunakan variabel berubah dalam pengujian plant adalah untuk mengetahui performansi terbaik dari kerja plant, sehingga pengguna alat ini nantinya dapat menyesuaikan sendiri antara beban kunyit yang digunakan, suhu yang diaktifkan dan waktu terbaik untuk pengeringan. Variabel tetap yang ditentukan penulis adalah beban kunyit 500 gr dan variabel berubah adalah suhu pengeringan (50, 60, 70) °C. Dimana waktu pengeringan yang baik adalah suhu 50°C selama 150 menit, suhu 60°C selama 135 menit dan 70°C selama 100 menit.



**Gambar 4.2** Tampilan Depan Rancang Bangun Alat Pemotong dan Pengering Kunyit

Untuk mengetahui kadar air kunyit sebelum/sesudah proses pengeringan dapat dilakukan dengan mengukur berat kunyit sebelum/sesudah proses pengeringan hal itu bertujuan untuk mengetahui tingkat kekeringan kunyit setelah dikeringkan menggunakan oven. Namun, dalam percobaan tugas akhir ini, kekeringan kunyit tidak hanya diukur dari menimbang beban awal/akhir proses pengeringan kunyit, penulis juga melakukan uji hasil pengeringan kunyit menggunakan alat ukur kadar air digital. Sehingga hasil ukur kadar air kunyit bisa lebih akurat. Dengan demikian kadar air kunyit kering dapat diketahui tidak hanya dengan mengukur berat kunyit namun, bisa diyakinkan dengan hasil pembacaan alat ukur kadar air digital tersebut.

Rancang bangun pengendalian suhu pada mini plant pengeringan kunyit secara elektrik berbasis sistem otomasi ini, menjadikannya sebagai salah satu alat pengering yang inovatif dan efisien karena sistem berjalan tanpa bergantung pada matahari dan memiliki kemampuan mengeringkan dalam waktu yang singkat dan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan pengeringan secara konvensional ( langsung dibawah sinar matahari )



**Gambar 4.3** Tampilan Dalam Rancang Bangun Alat Pengering Kunyit

Berikut merupakan penjelasan secara ringkas mengenai keterangan dari gambar diatas.

**Tabel 4.1** Keterangan Gambar.Sistem Pengering Kunyit

No	Nama Komponen	Fitur Keunggulan
1	Drum Silinder	Sebagai ruang (wadah) di mana kunyit dikeringkan.
2	Elemen Pemanas Listrik	Merupakan penghasil panas untuk mengeringkan padi di dalam ruang drum silinder, yang suhunya dapat dikontrol secara otomatis.
3	Kotak ( <i>Box</i> ) Oven)	Tempat sistem utama berlangsung, sebagai peletakan drum silinder, elemen pemanas, serta sensor termokopel. <i>Box</i> didesain tertutup dengan <i>double plate</i> untuk menjaga energi panas tetap berada di dalam. <i>Box</i> ini juga disertai pintu sebagai masukan atau keluaran kunyit.
4	Termokopel Tipe-K	Sebagai komponen yang dapat menghasilkan pengukuran dan sistem kontrol <i>set point</i> suhu pemanasan yang diinginkan. Apabila sensor sudah mendeteksi <i>setpoint temperature</i> maka <i>relay</i> akan aktif bekerja on-off memutus aliran listrik ke elemen.

#### 4.2 Pengujian dan Data Spesifikasi Alat

Setelah dilakukan perancangan alat, dilanjutkan dengan mengambil data pengujian dari *input* dan *output* alat sebagai nilai pengonversi nilai keluaran sensor menjadi nilai yang sesuai dengan besaran fisis yang diukur. Sehingga didapatkan data – data spesifikasi alat ukur. Data spesifikasi alat merupakan data – data

yang digunakan untuk mengetahui nilai – nilai karakteristik statik dan karakteristik dinamik.

#### 4.2.1 Karakteristik Statik Pengendali *Temperature Oven Kunyit*

Karakteristik statik adalah sifat sebuah instrument yang tidak bergantung pada waktu.

**Tabel 4.2** Data Pengukuran *Temperature* Naik dan Turun

STD ( <sup>0</sup> C)	Pembacaan Alat		Hysteresis	Akurasi	Non Linearitas
	Suhu Naik	Suhu Turun			
25,1	28,11	27,92	0,00691	0,1199	0,000
30,6	33,14	33,6	-0,00071	0,0830	-0,442
35,4	37,07	39,64	0,03503	0,0471	-1,287
40,5	41,4	44,59	0,03005	0,0222	-2,031
48,5	51,11	50,93	0,02239	0,0538	-0,280
54,6	56,8	56,62	-0,00862	0,0402	-0,659
59,2	61,94	62,41	0,00423	0,0462	-0,096
65,5	68,74	68,07	0,02509	0,0494	0,436
68,8	69,3	73,10	0,02954	0,0072	-2,287
70,2	72,98	73,64	0,01004	0,0396	0,000

Setelah dilakukan perhitungan seperti yang sudah dilampirkan pada (Lampiran A), maka didapatkan karakteristik statik dari sistem pengendali *temperature* adalah seperti berikut ini :

*Range* : *Temperature* 28,11 - 79,92

*Span* : *Temperature* 44,87

Resolusi : 0,1<sup>0</sup>C

Sensitivitas (K) : 0,994900222

*Non-Linieritas* : 0,97%

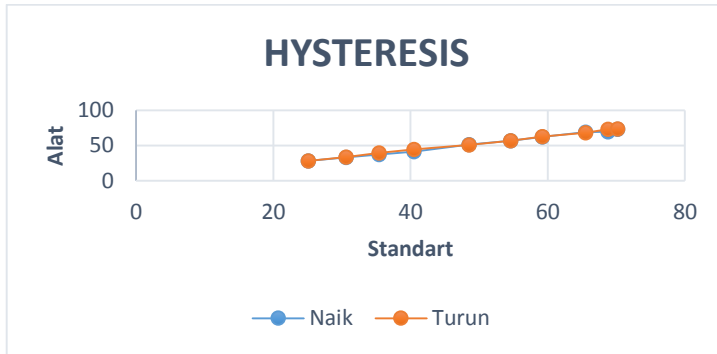
Histeresis : 0,18%

Akurasi : 94,55%

Kesalahan (*error*): 5,44%

*\*Perhitungan data lengkap dapat dilihat pada lampiran A*

Pada gambar 4.5.berikut ini dapat ditunjukkan grafik Hysteresis dari hasil pengukuran suhu naik dan turun



**Gambar 4.4** Grafik Hysteresis *Temperature*

#### 4.2.2 Data Kalibrasi Alat Ukur

Data kalibrasi merupakan data yang didapat dari membandingkan nilai dari bacaan alat yaitu pembacaan sensor termokopel pada mini plant rancang bangun pengering kunyit dengan nilai yang didapat dari data alat yang standar (termokopel digital) dan pada rancang bangun ini yang dijadikan sebagai bacaan standar adalah nilai dari *Temperature*. Pada kalibrasi ini dilakukan dua kali pengambilan data yaitu uji alat naik dan juga uji alat turun secara berulang.

Dari pengambilan data kalibrasi akan dicari nilai dari ketidakpastian alat uji dengan ketidakpastian alat standar yang ada. Berikut ini Tabel 4.3 merupakan hasil pengukuran kalibrasi untuk mencari nilai ketidakpastian alat ukur:

**Tabel 4.3.** Data kalibrasi *Temperature*

No	STD (°C)	Rata-Rata Pemb. Alat	Koreksi (Y)	Y reg	Residu (R)	Square Residual (SR)
1	25,1	28,11	2,91	630,01	0,2	0,04
2	30,6	33,14	2,77	36,36	0,024	0,0006
3	35,4	37,07	2,95	253,16	0,204	0,0418
4	40,5	41,4	2,49	640,25	-0,250	0,0627

5	48,5	51,11	2,52	352,25	-0,225	0,0508
6	54,6	56,8	2,11	981,16	-0,635	0,4038

**Tabel 4.3.** Lanjutan

No	STD ( <sup>0</sup> C)	Rata- Rata Pemb . Alat	Kore ksi (Y)	Y reg	Residu (R)	Square Residua l (SR)
7	59,2	61,94	2,97	504,64	0,229	0,0526
8	65,5	68,74	2,90	290,25	0,159	0,0254
9	68,8	69,3	2,4	733,44	-0,345	0,1193
10	70,2	72,98	3,11	928,04	0,3645	0,1328
Jumlah	498,4	525,5	27,15	27,424	0,2745	0,9302
Rata-Rata	49,84	2,555	2,715	2,7424	0,0274	0,0930

*\*Perhitungan data lengkap dapat dilihat pada lampiran A*

Dari data yang diperoleh, berdasarkan Tabel 4.3. maka dapat ditentukan nilai ketidakpastian alat ukur, berikut merupakan perhitungan dari nilai-nilai ketidakpastian yang terukur :

➤ Nilai ketidakpastian Tipe A

$$UA1 = \frac{1,461163}{10}$$

$$UA1 = 0,462060$$

$$U_{A2} = \sqrt{\frac{0,9302}{10 - 2}}$$

$$U_{A2} = 0,340995201$$

➤ Analisa ketidakpastian tipe B

$$U_{B1} = \frac{\frac{1}{2} \text{resolusi}}{\sqrt{3}}$$

$$U_{B1} = 0,028867513$$



$$U_{B2} = \frac{a}{k}$$

$$U_{B2} = \frac{0,05}{2,11}$$

$$U_{B2} = 2,37E - 02$$

➤ Nilai ketidakpastian kombinasi  $U_c$

$$U_c = \sqrt{U_{A1}^2 + U_{A2}^2 + U_{B1}^2 + U_{B2}^2}$$

$$U_c = \sqrt{0,2135 + 0,11628 + 0,00083 + 70,00056}$$

$$U_c = 0,575475971$$

➤ Nilai  $V_{eff}$

Selanjutnya ditentukan nilai  $V_{eff}$ , dengan persamaan sebagai berikut :

$$V_{eff} = \frac{U_c^4}{\sum U_i^4}$$

$$V_{eff} = \frac{0,109675286}{\frac{0,2135}{9} + \frac{0,11628}{9} + \frac{0,00083}{50} + \frac{0,00056}{50}}$$

$$V_{eff} = 16,70098902$$

Hasil dari nilai  $V_{eff}$  digunakan untuk menentukan nilai faktor cakupan  $k$  pada tabel T-student. Berdasarkan nilai  $V_{eff} = 16,70098$  dan dengan tingkat kepercayaan 95 % maka didapat nilai  $k$  sebesar 2,11. Dan didapat nilai ketidakpastian sebagai berikut :

$$U_{exp} = k \cdot u_c$$

$$U_{exp} = 2,11 \cdot 0,575475971$$

$$U_{exp} = 1,214254299$$

Dengan hasil perhitungan nilai ketidakpastian diperluas sebesar  $\pm 0,0533654$ . Nilai ini merupakan acuan nilai ketidakpastian pembacaan alat dengan tingkat kepercayaan 95% berdasarkan tabel *T-Student*. Dan dari tingkat kepercayaan 95% tersebut diketahui bahwa nilai yang terhitung  $U_{exp} < \text{standar } 5\%$  yaitu  $1,214254299 < 2,492$  sehingga alat ukur masih layak untuk digunakan.

#### 4.3 Pengujian *Mini Plant Pengering Kunyit*

**Tabel 4.4** Data Pengujian Kadar Air Kunyit 1 Hari

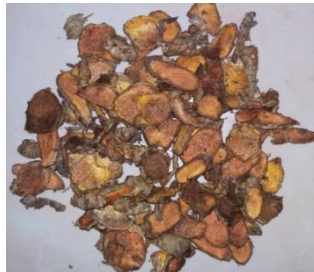
No	t (menit)	T(°C)	M1 (gr)	Kadar Air 1	M2 (gr)	Kadar Air 2
1	50	50	500	29	495	20,3
2	70			29	493	19,4
3	100			29	487	18,9
4	50	60		29	492	19,5
5	70			29	486	18,8
6	100			29	480	18,5
7	50	70		29	489	18,9
8	70			29	483	18,4
9	100			29	478	17,8

Berdasarkan data pada tabel 4.4 plant pengering kunyit diuji untuk mengeringkan kunyit segar dengan umur cabut 0 hari sebanyak 500 gr. Proses pengeringan dilakukan dengan menggunakan variasi waktu dan suhu uji yang berbeda yakni pada suhu 50 °C, 60 °C, dan 70 °C dengan masing masing waktu uji 50 menit, 70 menit dan 100 menit. Data proses uji diatas dilakukan dalam sekali kerja, sehingga hasil kadar air kunyit masih cukup tinggi. Sehingga masih perlu dilakukan pengeringan kembali dengan waktu dan suhu yang sama, namun untuk suhu berbeda jumlah pengulangan proses pengeringan juga berbeda. Untuk pengeringan kunyit dengan umur cabut 1 hari suhu dan waktu pengeringan yang baik adalah 70 °C selama 100 menit dengan jumlah pengulangan pengeringan sebanyak 5 kali agar kadar air akhir kunyit tidak lebih dari 12%. Sehingga setelah dilakukan pengujian 5 kali dapat menghasilkan

kadar air 11,9% dengan pengeringan suhu 70 °C selama 100 menit. Berikut ini adalah hasil kunyit sebelum dan sesudah dikeringkan:



**Gambar 4.5** Kunyit Basah 1 hari



**Gambar 4.6** Hasil Pengeringan Kunyit dengan suhu 70 °C 100 Menit

*\*Dokumentasi selengkapnya ada pada lampiran E*

**Tabel 4.5** Data Pengujian Kadar Air Kunyit 14 Hari

No	t (menit)	T(°C)	M1 (gr)	Kadar Air 1	M2 (gr)	Kadar Air 2
1	90	50	500	26	445	18,8
2	100			26	426	17,9
3	120			26	410	16,5
4	90	60		26	428	16,9
5	100			26	387	14,3
6	120			26	350	13,9
7	90	70	500	26	400	15,3
8	100			26	347	14,5
9	120			26	326	13,4

Berdasarkan data pada tabel 4.5 plant pengering kunyit diuji untuk mengeringkan kunyit segar dengan umur cabut 14 hari sebanyak 500 gr. Proses pengeringan dilakukan dengan menggunakan variansi waktu dan suhu uji yang berbeda yakni pada suhu 50 °C, 60 °C, dan 70 °C dengan masing masing waktu uji 50 menit, 70 menit dan 100 menit. Data proses uji diatas dilakukan dalam sekali kerja, sehingga hasil kadar air kunyit masih cukup tinggi. Namun, kadar air kunyit yang memiliki umur cabut lebih lama (14 hari) akan lebih cepat kering dikarenakan kadar air yang terkandung dalam kunyit juga sudah berkurang dan tidak sebanyak kunyit segar dengan umur cabut 0 hari.

Seperti data yang ada pada tabel 4.4 dan 4.5 dimana kunyit dengan umur cabut berbeda dikeringkan dengan massa yang sama yakni 500gr pada suhu dan waktu yang sama juga akan memiliki kadar air awal dan akhir yang berbeda sehingga berpengaruh pula terhadap massa akhir kunyit kering.

Sehingga untuk mencapai kadar air akhir kunyit agar tidak lebih dari 12% maka kunyit dengan umur cabut 14 hari butuh waktu pengulangan pengeringan sejumlah 3 kali saja, dan kadar air akhir yang terukur adalah 11,7%. Berikut ini adalah hasil kunyit sebelum dan sesudah dikeringkan:



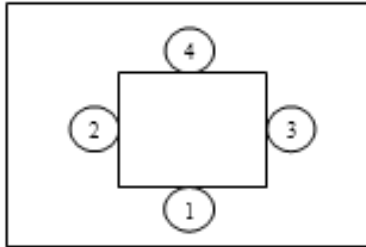
**Gambar 4.7** Kunyit Basah 14 hari



**Gambar 4.8** Hasil Pengeringan Kunyit  
dengan suhu 70 °C 100 Menit

*\*Dokumentasi selengkapnya ada pada lampiran E*

#### 4.4 Perbandingan Kadar Air Berdasarkan Letak Sensor



**Gambar 4.9** Letak Sensor Berdasarkan Angka

**Tabel 4.6** Pengambilan Data Berdasarkan Letak Sensor

No.Peletakan Sensor	Massa Pengeringan (gr)	Kadar Air Awal Kuyit (%)	Kadar Air Akhir Kunyit (%)
1	500	29	11
2		29	10
3		29	10
4		29	12
Rata-rata		29	10,75

Pada pengambilan data berdasarkan letak sensor diatas, dilakukan pengujian menggunakan kunyit dengan umur cabut 14 hari dan menggunakan suhu uji 70 °C selama 100 menit, selain itu proses pengeringan juga tetap sama dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan untuk setiap titik. Sehingga didapatkan kadar air kunyit yang cukup rendah, dan oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa pada titik – titik yang diambil sebagai penempatan sensor untuk pengukuran temperature sudah tepat karena menyebabkan perhitungan kadar air kunyit sudah mendekati nilai standar kekeringan kunyit yakni 10%-12%. Hal ini karena elemen pemanas terletak disamping kiri dan kanan oven sehingga menghasilkan pengukuran panas yang merata.

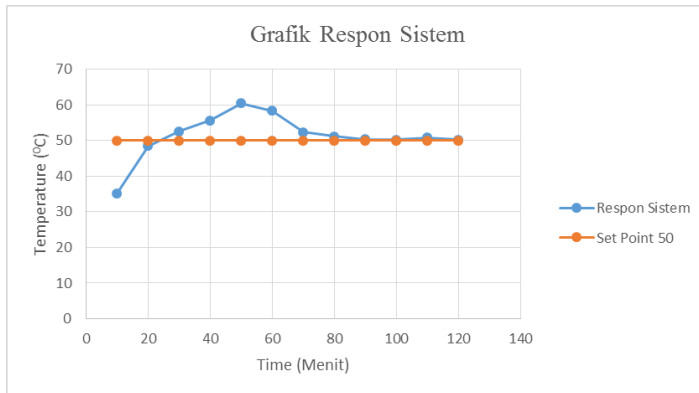
#### 4.5 Pengambilan Data Respon Sistem

Pada pelaksanaan uji respon sistem, pengambilan data plant dilakukan dengan pengambilan 3 macam setpoint suhu ( $50^{\circ}\text{C}$ ,  $60^{\circ}\text{C}$ , dan  $70^{\circ}\text{C}$ ) dan waktu, selain itu data diambil dalam variasi waktu setiap 10 menit sekali. Sehingga didapatkan grafik yang menggambarkan respon sistem untuk mencapai *set point* sebagai berikut:

**Tabel 4.7** Data Respon Sistem dengan Set Point Suhu  $50^{\circ}\text{C}$

Timer	Temperature	Set Point
10	35,21	50
20	48,5	50
30	52,6	50
40	55,6	50
50	60,5	50
60	58,3	50
70	52,3	50
80	51,2	50
90	50,4	50
100	50,2	50
110	50,8	50
120	50,2	50

Berdasarkan data pada tabel diatas maka didapatkan grafik respon sistem seperti berikut ini :



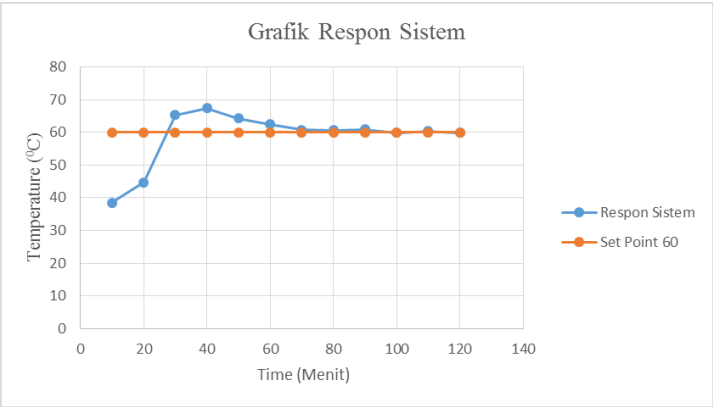
**Gambar 4.10** Grafik Respon pada set point suhu 50 °C

Pada grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.8 didapatkan nilai *rise time* ( $T_r$ ) 20 menit, *peak time* ( $T_p$ ) 50 detik, dan waktu untuk mencapai *steady* adalah 80 menit.

**Tabel 4.8** Data Respon Sistem dengan Set Point Suhu 60 °C

Timer	Temperature	Set Point
10	38,5	60
20	44,7	60
30	65,3	60
40	67,4	60
50	64,2	60
60	62,5	60
70	60,7	60
80	60,6	60
90	60,9	60
100	59,8	60
110	60,4	60
120	59,8	60

Berdasarkan data pada tabel diatas maka didapatkan grafik respon sistem seperti berikut ini :



**Gambar 4.11**Grafik Respon pada set point suhu 60 °C

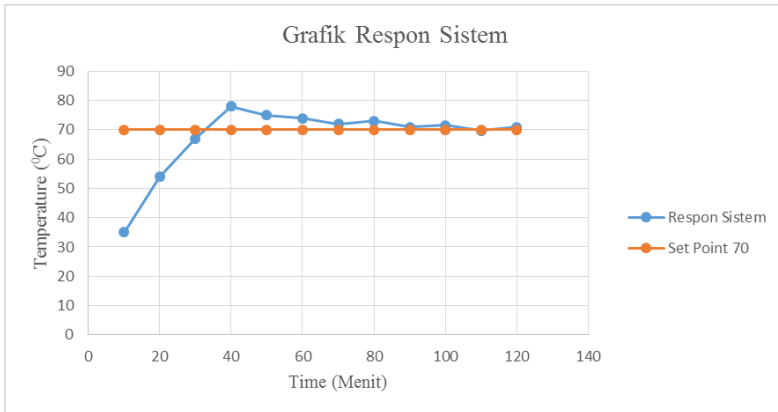
Pada grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.8 didapatkan nilai rest timer 40 menit 30 menit, dan waktu untuk mencapai *steady* adalah 70 menit.

**Tabel 4.9** Data Respon Sistem dengan Set Point Suhu 70 °C

Timer	Temperature	Set Point
10	35	70
20	54	70
30	67	70
40	78	70
50	75	70
60	74	70
70	72	70
80	73	70
90	71	70
100	71,5	70
110	69,8	70
120	71	70

Berdasarkan data pada tabel diatas maka didapatkan grafik respon sistem seperti berikut ini :





**Gambar 4.12** Grafik Respon pada set point suhu 70 °C

Pada grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.9 didapatkan nilai *rest time* 40 menit 30 menit, dan waktu untuk mencapai *steady* adalah 100 menit.

*Halaman Ini Memang Dikosongkan*

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **Kesimpulan**

Adapun kesimpulan dari penelitian dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. Telah dibuat sistem pengendalian suhu dengan menggunakan sensor termokopel pada set point 50 °C, 60 °C dan 70 °C dengan tipe pengendalian on/off.
2. Sistem pengendalian suhu mesin pengering kunyit dapat bekerja sesuai setpoint yang diinginkan, dengan rata-rata kadar air akhir kunyit yang dicapai adalah 11-12% dengan error pengukuran 5,4 %.
3. Waktu pengeringan berbanding terbalik dengan temperatur pengeringan. Kecepatan pengeringan bergantung terhadap massa kunyit yang dikeringkan dan umur cabut kunyit.
4. Pengeringan kunyit terbaik didapatkan untuk berat 500gr pada suhu 70 °C selama 100 menit dengan proses pengulangan pengeringan 3 hingga 5 kali. Bergantung dengan umur cabut kunyit untuk bisa menghasilkan kadar air < 12%.

#### **5.2 Saran**

Inovasi alat pengering kunyit dengan sistem kontrol suhu dapat dikembangkan, diantaranya:

1. Pengaruh kecepatan putar pengaduk terhadap hasil proses pengeringan.
2. Besar ketebalan kunyit yang dirajang dan akan dikeringkan sebaiknya juga diperhitungkan
3. Studi komparasi hasil pengeringan dengan metode yang lain.
4. Studi kelayakan implementasi mesin pengering kunyit tipe *rotary dryer* dalam skala besar.
5. Selain itu, diharapkan alat ini dapat menunjang program pemerintah dalam menggalakkan kedaulatan hasil perkebunan dalam negeri.

*Halaman Ini Memang Dikosongkan.*

## BIODATA PENULIS



Nama lengkap penulis Prihartini Nurmacrifah dilahirkan di Kota Gresik pada tanggal 27 Desember 1995 dari ayah bernama Abdul Kamid dan ibu bernama Solikah. Penulis merupakan anak ketiga dari 3 bersaudara. Saat ini penulis tinggal di Desa Mulung RT 12 RW 06 Kecamatan Driyorejo Kabupaten Gresik. Penulis telah menyelesaikan studi di MI Sunan Giri Driyorejo Gresik pada tahun 2008, SMP Bahauddin Taman Sidoarjo pada tahun

2011, tahun 2014 berhasil menyelesaikan pendidikan tingkat menengah atas di SMAN 18 Surabaya dan pada tahun 2017 ini, penulis mampu menyelesaikan gelar ahli madya di Program Studi DIII Teknik Instrumentasi, Departemen Teknik Instrumentasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis berhasil menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN SUHU PADA MINI PLANT PENDING KUNYIT BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA 16**”. Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran, atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai Tugas Akhir ini maka dapat menghubungi penulis melalui email: [nurmacrifah@gmail.com](mailto:nurmacrifah@gmail.com).

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]Sinartani, 2016, Pentas Kunyit Indonesia di Pasar Dunia, Komoditi Hortikultura (<http://tabloidsinartani.com/content/read/pentas-kunyit-indonesia-di-pasar-internasional/>) Di-*download* tanggal 10 Maret 2017 jam 09:00 WIB
- [2] Akroman. 2014. Motor DC. Zona Elektro (<http://zoniaelektro.net/motor-dc/>) Di-*download* Pada Tanggal 09 Juli 2017 Jam 18:00 WIB
- Industri, Ini Peluang Bisnis Kunyit, India Minta 7000 Ton/Bulan. (<http://industri.bisnis.com/read/20131223/99/193960/ini-peluang-bisnis-kunyit-india-minta-7000-ton-bulan>) Di-*download* tanggal 10 Maret 2017 jam 09:00 WIB
- [3]Saputra,Adinda.2006 ,”Pengeringan Kunyit Menggunakan Microwafe dan Oven. Semarang.Teknik Kimia. Universitas Diponegoro ([http://eprints.undip.ac.id/13355/1/ARTIKEL - QUW. pdf](http://eprints.undip.ac.id/13355/1/ARTIKEL-QUW.pdf)) Di-*download* tanggal 10 Mei 2017 jam 09:00 WIB
- [4]Anonym.Atmega16.ChapterII.(<http://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/28677/Chapter%20II.pdf>; jsessionid=A8CE2693194620B46A626563F8B115DA?sequence=4)Di-*download* tanggal 10 Maret 2017 jam 09:00 WIB
- [5]Anonim. 2016. Omega. <http://Omega.com> (2006) *Thermocouple Introduction and Theory*, US. Di-*download* Pada Tanggal 17 Juli 2017 Jam 18:00 WIB
- [6] Data sheet acquired from Harris Semiconductor. 1998. *TypeK TableC*, Texas Instruments Incorporated, Texas. Di-*download* Pada Tanggal 16 Juli 2017 Jam 18:00 WIB
- [7]MAX6675 (2015). Cold Junction Compensated K-Thermocouple to Digital Converter (0°C to +1024°C). <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX6675.pdf> Di-*download* Pada Tanggal 17 Juli 2017 Jam 18:00 WIB
- [8]Akroman. 2014. Motor DC. Zona Elektro (<http://zoniaelektro.net/motor-dc/>) Di-*download* Pada Tanggal 09 Juli 2017 Jam 18:00 WIB
- [9]Anonim. Finned Tubular Heater (<http://muliajaya-heater.com/produkdetail-226-finned-tubular-heater.html>) Di-*download* Pada Tanggal 09 Juni 2017 Jam 18:00 WIB

- [10]Anonym. Ilmu Komputer. 2008.(<http://ilmukomputer.org/wp-content/uploads/2008/08/sholihul-atmega16.pdf>) Di-*download* Pada Tanggal 09 Juli 2017 Jam 18:00 WIB
- [11]Anonym. Elektronika Dasar (<http://elektronika-dasar.web.id/lcd-liquid-cristal-display/>) Di-*download* Pada Tanggal 09 Juli 2017 Jam 18:00 WIB
- [12]Anonym.2007.Atmel( <http://www.atmel.com> [5 Juni 2017) Di-*download* Pada Tanggal 09 Juli 2017 Jam 18:00 WIB
- [13]Taufik.Ahmad.2015.Ketidakpastian Analisis Kuantitatif (<http://www.mohtaufik.com/2015/01/ketidakpastian-analisis-kuantitatif.html> [5 Juni 2017] Di-*download* Pada Tanggal 09 Juli 2017 Jam 18:00 WIB
- [14]Asy'ari, M., K. 2014. Kalibrasi Flow Meter dalam Aliran Fluida pada Sistem Manifold. Program Studi D3 Metrologi dan Instrumentasi, Jurusan Teknik Fisika, FTI-ITS, Surabaya.
- [15]Laboratorium Pengukuran Fisis. 2013. Modul Teknik Pengukuran dan Kalibrasi. Teknik Fisika, FFI-ITS, Surabaya.





# Lampiran A

## Perhitungan Kalibrasi *Temperature*

### A. Pengujian Alat dan Kalibrasi *Temperature*

**Tabel A.1** Data Kalibrasi *Temperature*

No	Standar (°C)	Pembacaan																		Rate-Rate		Rate-Rate Pembacaan (°C)	Koreksi(°C)	Dr-Drate-rate	Odcsl	Noa Incasitas	Histogram	Akurasi	u <sub>yi</sub>	o <sub>p2</sub>	Y <sub>avg</sub>	Residu	SR			
		Nak									Turan									Nak	Turan															
1	25.1	27.5	27.6	27.7	27.8	28	28.1	28.2	28.3	28.4	28.5	28.6	28.7	28.8	28.9	29	29.1	29.2	29.3	29.4	29.5	29.6	29.7	29.8	29.9	30	30.1	30.2	30.3	30.4	30.5	30.6	30.7	30.8	30.9	31
2	30.4	31.1	31.3	31.4	31.5	31.6	31.7	31.8	31.9	32	32.1	32.2	32.3	32.4	32.5	32.6	32.7	32.8	32.9	33	33.1	33.2	33.3	33.4	33.5	33.6	33.7	33.8	33.9	34	34.1	34.2	34.3	34.4	34.5	34.6
3	35.4	35.1	36.1	36.3	36.5	36.7	37.4	37.5	37.7	37.8	38.1	38.4	38.5	38.6	38.7	38.8	38.9	39	39.1	39.4	39.5	39.7	39.8	39.9	40	40.1	40.2	40.3	40.4	40.5	40.6	40.7	40.8	40.9	41	41.1
4	44.5	39.2	39.5	40.5	40.6	41.4	41.6	41.7	42.2	42.4	42.5	42.7	42.8	43.1	43.2	43.4	43.5	43.6	43.7	44.1	44.2	44.3	44.4	44.5	44.6	44.7	44.8	44.9	45	45.1	45.2	45.3	45.4	45.5	45.6	
5	48.5	47.4	47.8	48.8	48.9	49.4	49.5	50.1	50.2	50.4	50.5	50.7	50.8	51.1	51.2	51.4	51.5	51.6	51.7	52.1	52.2	52.3	52.4	52.5	52.6	52.7	52.8	52.9	53	53.1	53.2	53.3	53.4	53.5	53.6	
6	54.4	54.8	54.9	55.5	55.6	56.1	56.9	57.6	58.5	58.5	59.3	59.3	59.7	59.7	59.7	59.7	59.7	59.7	59.7	60.1	60.1	60.1	60.1	60.1	60.1	60.1	60.1	60.1	60.1	60.1	60.1	60.1	60.1	60.1	60.1	
7	59.5	60.2	60.5	60.7	60.8	61.4	61.6	62.2	62.4	62.4	62.7	62.7	62.7	62.7	62.7	62.7	62.7	62.7	62.7	63.1	63.1	63.1	63.1	63.1	63.1	63.1	63.1	63.1	63.1	63.1	63.1	63.1	63.1	63.1	63.1	
8	65.4	67.4	67.5	68.5	68.6	69.4	69.5	69.6	69.6	69.6	69.6	69.6	69.6	69.6	69.6	69.6	69.6	69.6	69.6	70.1	70.1	70.1	70.1	70.1	70.1	70.1	70.1	70.1	70.1	70.1	70.1	70.1	70.1	70.1	70.1	
9	68.4	69	69.4	69	69.1	69.2	69.3	69.4	69.5	69.5	69.5	69.5	69.5	69.5	69.5	69.5	69.5	69.5	69.5	70.1	70.1	70.1	70.1	70.1	70.1	70.1	70.1	70.1	70.1	70.1	70.1	70.1	70.1	70.1	70.1	
10	70.3	70.2	70.4	70.4	71.1	71.2	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4	
SUM																				520.99	530.61															
AVERAG																				52.099	53.061															
Max																				53.061	53.061															
Min																				52.099	52.099															

**Tabel A.2** Hasil Perhitungan Pengukuran Statik dan Kalibrasi Sensor Termokopel

Input max	70.2
Input min	75.1
Range	28.11-79.92
Span	44.87
A <sub>1</sub> (Kemungkinan Garis)	0.994900022
a	0.138004435
Sensitivitas	0.994900022
Histeresis max	0.188742562
Linearity	0.951795193
Akurasi	0.425256823
error	0.054743318
u <sub>1</sub>	0.37842
standart deviasi	0.46116392
U <sub>1A1</sub>	0.462009962
U <sub>1A2</sub>	0.440995201
u <sub>1</sub>	0.350076499
u <sub>1</sub>	0.715000167
UB1	0.028867513
UB2	0.37842
UC	0.575475971
UVEFF	16.70898902
k	2.11
Uexp	0.214254299



## B. Karakteristik Statik Pembacaan *Temperature*

Berikut ini hasil perhitungan nilai karakteristik statik *temperature* berdasarkan data pada table 4.3. :

$$\text{➤ Sensitivitas : } \frac{\Delta O}{\Delta I} = \frac{72,98 - 28,11}{70,2 - 25,1} = 0,994900222$$

$$\text{➤ Histerisis : } H(I) = O(I)_{I\uparrow} - O(I)_{I\downarrow}; \hat{H} = H(I)_{\max}$$

Sehingga maksimum histerisis didapat sebesar

$$\% \text{ maks.histerisis} = \frac{\hat{H}}{O_{\max} - O_{\min}} \times 100\%$$

$$\% \text{ maks.histerisis} = \frac{0,084689102}{72,98 - 28,11} \times 100\% = 0,18874262\%$$

$$\text{➤ Non-linieritas : } (N(I)) = O(I) - (KI + a)$$

Data diambil pada saat pembacaan naik.

$$\text{non - linieritas}_{maks} = \frac{N}{O_{\max} - O_{\min}} \times 100\%$$

Dimana diketahui nilai  $a = 3,138004$  dan nilai  $k = 0,994900$  dan nilai non-linieritas maksimum sebesar 0,43603 sehingga didapat nilai non linieritas maksimum per unit sebesar :

$$\text{non - linieritas}_{maks} = \frac{0,43603}{72,98 - 28,11} \times 100\%$$

$$\text{non - linieritas}_{maks} = 0,97\%$$

### ➤ Keakurasian

$$A = 1 - \left| \frac{Y_n - Y_x}{Y_n} \right| \times 100\%$$

$$A = 1 - \left| \frac{49,8 - 52,55}{49,8} \right| \times 100\%$$

$$A = 1 - (0,05447) \times 100\%$$

$$A = 94,55\%$$

### ➤ Error

$$e = 1 - A$$

$$e = 1 - 0,9455$$

$$e = 0,0544$$

$$e = 5,44\%$$

### C. Perhitungan Data Kalibrasi *Temperature*

Dari data yang diperoleh, berdasarkan Tabel 4.4. maka dapat ditentukan nilai ketidakpastian alat ukur, berikut merupakan perhitungan dari nilai-nilai ketidakpastian yang terukur :

➤ Nilai ketidakpastian Tipe A

$$U_{A1} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum (D_i - \bar{D})^2}}{n-1}$$

dimana :

$\sigma$  = standar deviasi

$D_i$  = Koreksi ke- i

$\bar{D}$  = Rata – rata Koreksi

Maka,

$\sigma = 1,461163$ , sehingga didapat nilai  $U_{A1}$  sebagai berikut :

$$U_{A1} = \frac{1,461163}{10}$$

$$U_{A1} = 0,462060$$

Sedangkan nilai  $U_{A2}$  didapat sebagai berikut :

$$U_{A2} = \sqrt{\frac{SSR}{n-1}}$$

Dimana :

$$SSR = \sum SR$$

$$SR = R^2$$

Namun, untuk mendapatkan nilai  $SSR$  perlu dicari nilai (R) residu yang didapat dari selisih koreksi (Y) dan  $Y_{reg}$ .

$$Y_{reg} = a + (b x_{ti})$$

$$a = \bar{Y_i} - (b x_{ti})$$

$$b = \frac{n \sum t_i \cdot Y_i - \sum Y_i \sum t_i}{n \sum t_i^2 - (\sum t_i)^2}$$

Dimana :

$Y_i$  =  $D_i$  (nilai koreksi) = Pemb. Standar – Pemb. Alat

$t_i$  = pembacaan standar

$n$  = jumlah data

$$b = \frac{10(1350,672) - (27,15 \times 498,4)}{10(742538520,1936) - 248402,56}$$

$$b = -3,3461E - 09$$

selanjutnya menentukan nilai  $a$  sebagai berikut :

$$a = 2,715 - (-1,66769624E - 07)$$

$$a = 2,715000167$$

Setelah diketahui nilai  $a$  dan  $b$ , maka dapat ditentukan persamaan regresi sebagai berikut :

$$Y_{reg} = 2,715000167 + (-3,3461E - 09)t_i$$

dari persamaan regresi tersebut didapat nilai  $SSR$  sebesar = 0,9302, maka didapat nilai  $U_{A2}$  sebesar :

$$U_{A2} = \sqrt{\frac{0,9302}{10 - 2}}$$

$$U_{A2} = 0,340995201$$

➤ Analisa ketidakpastian tipe B

$$U_{B1} = \frac{\frac{1}{2} \text{resolusi}}{\sqrt{3}}$$

$$U_{B1} = 0,028867513$$

$$U_{B2} = \frac{a}{k}$$

$$U_{B2} = \frac{0,05}{2,11}$$

$$U_{B2} = 2,37E - 02$$

a = 0,05 ( sertifikat kalibrasi alat standart)

➤ Nilai ketidakpastian kombinasi  $U_c$

$$U_c = \sqrt{U_{A1}^2 + U_{A2}^2 + U_{B1}^2 + U_{B2}^2}$$

$$U_c = \sqrt{0,2135 + 0,11628 + 0,00083 + 70,00056}$$

$$U_c = 0,575475971$$

selanjutnya ditentukan nilai  $V_{eff}$ , dengan persamaan sebagai berikut :

$$V_{eff} = \frac{U_c^4}{\sum \frac{U_i^4}{V_i}}$$

Dengan nilai V atau derajat kebebasan dari 2 tipe ketidakpastian, sebagai berikut :

$V = n - 1$ , sehingga :

$V1 = 9$ ;  $V2 = 9$ ;  $V3 = 50$ ;  $V4 = 50$  berdasarkan tabel T Student)

$$V_{eff} = \frac{0,109675286}{\frac{0,2135}{9} + \frac{0,11628}{9} + \frac{0,00083}{50} + \frac{0,00056}{50}}$$

$$V_{eff} = 16,70098902$$

Hasil dari nilai  $V_{eff}$  digunakan untuk menentukan nilai faktor cakupan  $k$  pada tabel T-student. Berdasarkan nilai  $V_{eff} = 16,70098$  dan dengan tingkat kepercayaan 95 % maka didapat nilai  $k$  sebesar 2,11. Dan didapat nilai ketidakpastian sebagai berikut :

$$U_{\text{exp}} = k.\mu c$$

$$U_{\text{exp}} = 2,11.0,575475971$$

$$U_{\text{exp}} = 1,214254299$$

## **LAMPIRAN B**

### **SOURCE CODE SISTEM PENGENDALIAN TEMPERATURE**

```
/******  
*
```

This program was produced by the  
CodeWizardAVR V2.05.3 Standard  
Automatic Program Generator  
© Copyright 1998-2011 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.  
<http://www.hpinfotech.com>

Project :  
Version :  
Date : 16/07/2017  
Author : tyery08  
Company : embeeminded.blogspot.com  
Comments :

Chip type : ATmega16A  
Program type : Application  
AVR Core Clock frequency: 12,000000 MHz  
Memory model : Small  
External RAM size : 0  
Data Stack size : 256

```
*****
```

```
/
```

```
#include <mega16a.h>  
#include <string.h>  
#include <delay.h>  
#include <spi.h>  
#include <stdio.h>  
#include <stdlib.h>  
#include <stdbool.h>  
// Alphanumeric LCD functions
```



```

int Temp;
int Waktu;
int y;
float x;
#include <alcd.h>
char lcd_buffer[33];
int jam,menit,detik,ADC;
char buf[16];
// Timer1 overflow interrupt service routine
interrupt [TIM1_OVF] void timer1_ovf_isr(void)
{
// Reinitialize Timer1 value
TCNT1H=0xD23A >> 8;
TCNT1L=0xD23A & 0xff;
// Place your code here
detik++;

}

#define TRIG PORTB.1
#define ECHO PINB.0
#define ADC_VREF_TYPE 0x60
unsigned int count;
int ketinggian;
unsigned char strketinggian[16];

#define relay PORTC.7
#define motor_off relay=1;
#define motor_on relay=0;
int kondisi=0;
interrupt [EXT_INT2] void ext_int2_isr(void)
{
// Place your code here
if(kondisi==0)
{
motor_on;

```

```

        kondisi=1;
    }
}

// Read the AD conversion result
unsigned int read_adc(unsigned char adc_input)
{
    ADMUX=adc_input | (ADC_VREF_TYPE & 0xff);
    // Delay needed for the stabilization of the ADC input voltage
    delay_us(10);
    // Start the AD conversion
    ADCSRA|=0x40;
    // Wait for the AD conversion to complete
    while ((ADCSRA & 0x10)==0);
    ADCSRA|=0x10;
    return ADCH;
}

void jam_digital()

{
    if (detik>=60)
    {
        lcd_clear();
        detik=0;
        menit++;
    }
    // if (menit>=60)
    // {
    //     lcd_clear();
    //     menit=0;
    //     jam++;
    // }
    // if (jam>=24)
    // {
    //     lcd_clear();
    //     jam=0;

```

```

//    }
}
// Declare your global variables here
unsigned result;
void main(void)
{
// Declare your local variables here

// Input/Output Ports initialization
// Port A initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In
Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T
State1=T State0=T
PORTA=0x00;
DDRA=0x00;

// Port B initialization
// Func7=Out Func6=In Func5=Out Func4=Out Func3=Out
Func2=In Func1=Out Func0=In
// State7=0 State6=T State5=0 State4=0 State3=0 State2=T
State1=0 State0=T
PORTB=0x00;
DDRB=0xBA;

// Port C initialization
// Func7=Out Func6=In Func5=In Func4=In Func3=Out
Func2=Out Func1=Out Func0=Out
// State7=0 State6=T State5=T State4=T State3=0 State2=0
State1=0 State0=0
PORTC=0x00;
DDRC=0xFF;

// Port D initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In
Func1=In Func0=In

```

```

// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T
State1=T State0=T
PORTD=0x00;
DDRD=0x00;

// Timer/Counter 0 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: 12000,000 kHz
// Mode: Phase correct PWM top=0xFF
// OC0 output: Non-Inverted PWM
TCCR0=0x61;
TCNT0=0x00;
OCR0=0x00;

// Timer/Counter 1 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: 11,719 kHz
// Mode: Normal top=0xFFFF
// OC1A output: Discon.
// OC1B output: Discon.
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
// Timer1 Overflow Interrupt: On
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
TCCR1A=0x00;
TCCR1B=0x05;
TCNT1H=0xD2;
TCNT1L=0x3A;
ICR1H=0x00;
ICR1L=0x00;
OCR1AH=0x00;
OCR1AL=0x00;
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0x00;

```

```
// Timer/Counter 2 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer2 Stopped
// Mode: Normal top=0xFF
// OC2 output: Disconnected
ASSR=0x00;
TCCR2=0x00;
TCNT2=0x00;
OCR2=0x00;

// External Interrupt(s) initialization
// INT0: Off
// INT1: Off
// INT2: On
// INT2 Mode: Falling Edge
GICR|=0x20;
MCUCR=0x00;
MCUCSR=0x00;
GIFR=0x20;

// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
TIMSK=0x04;

// USART initialization
// USART disabled
UCSRB=0x00;

// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
ACSR=0x80;
SFIOR=0x00;

// ADC initialization
// ADC Clock frequency: 750,000 kHz
```

```

// ADC Voltage Reference: AVCC pin
// ADC Auto Trigger Source: ADC Stopped
ADMUX=ADC_VREF_TYPE & 0xff;
ADCSRA=0x84;

// SPI initialization
// SPI disabled
SPCR=(0<<SPIE) | (1<<SPE) | (0<<DORD) | (1<<MSTR) |
(0<<CPOL) | (0<<CPHA) | (0<<SPR1) | (0<<SPR0);
SPSR=(0<<SPI2X);

// TWI initialization
// TWI disabled
TWCR=0x00;

// Alphanumeric LCD initialization
// Connections are specified in the
// Project|Configure|C Compiler|Libraries|Alphanumeric LCD
menu:
// RS - PORTD Bit 0
// RD - PORTD Bit 1
// EN - PORTD Bit 2
// D4 - PORTD Bit 4
// D5 - PORTD Bit 5
// D6 - PORTD Bit 6
// D7 - PORTD Bit 7
// Characters/line: 16
lcd_init(16);

// Global enable interrupts
#asm("sei")
motor_off;
while (1)
{
    ADC=read_adc(0);
    OCR0=ADC;
}

```

```

jam_digital();

//Ultrasonic//
PORTB.1=1;//inisialisasi sensor
delay_us(15);
PORTB.1=0;
delay_us(15);
PORTB.1=1;
delay_us(15);
PORTB.1=1;
while (PINB.0==0){ };
while (PINB.0==1)
{
count++;
}
ketinggian=((count*0.043332)/2);
sprintf(strketinggian,"%3d", ketinggian);
lcd_gotoxy(0,0);
sprintf(strketinggian,"Level Kunit=%3d", ketinggian);
lcd_puts(strketinggian);
delay_ms(100);

    if(ketinggian<10) //set point
{
    kondisi=0;
    motor_off;
}

//Thermocouple//
PORTB.4=0;
result=(unsigned) spi(0)<<8;
result|=spi(0);
PORTB.4=1;
lcd_gotoxy(0,1);
result=(unsigned) (((unsigned long) result*5000)/4096L);
sprintf(lcd_buffer,"Tem
Oven=%2u.%u°C",result/40,(result%40),0xDF);

```

```

    lcd_puts(lcd_buffer);
    delay_ms(100);
    count=0;

    //ADC Untuk Set Point//
    Temp = read_adc(1);
    Waktu = read_adc(2);
    x = (Temp*99.99)/255.0;
    // x = Temp;
    y = (Waktu*120)/255;
    delay_ms(100);

    lcd_gotoxy(0,2);
    sprintf(buf,"Tset:%3.2f ts:%d ",x,y);
    lcd_puts(buf);

    lcd_gotoxy(0,3);
    sprintf(buf,"ton= %d: %d ",menit,detik);
    lcd_puts(buf);

    if(result/40>x || y==menit)
    {
        PORTC.0=1;
        PORTC.1=1;
    }

    else if(result/40<x || y!=menit )
    {
        PORTC.0=0;
        PORTC.1=0;
    }

    if (y!=menit)
    {
        PORTC.6=1;
    }

```



```

    }

    if (y==menit)
    {
        TCNT1H=0xD23A >> 8;
        TCNT1L=0xD23A & 0x00;
        PORTC.6=0;
    }

    if(y<menit)
    {
        detik=0;
        menit=0;
    }
}
}

```

## LAMPIRAN C

### DATA SHEET ATMEGA 16

#### Features

- High-performance, Low-power Atmel® AVR® 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
  - 131 Powerful Instructions – Most Single-clock Cycle Execution
  - 32 x 8 General Purpose Working Registers
  - Fully Static Operation
  - Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
  - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory segments
  - 16 Kbytes of In-System Self-programmable Flash program memory
  - 612 Bytes EEPROM
  - 1 Kbyte Internal SRAM
  - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
  - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C<sup>(1)</sup>
  - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
  - In-System Programming by On-chip Boot Program
  - True Read-While-Write Operation
  - Programming Lock for Software Security
- JTAG (IEEE std. 1149.1 Compliant) Interface
  - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
  - Extensive On-chip Debug Support
  - Programming of Flash, EEPROM, Fuses, and Lock Bits through the JTAG Interface
- Peripheral Features
  - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
  - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
  - Real Time Counter with Separate Oscillator
  - Four PWM Channels
  - 8-channel, 10-bit ADC
    - 8 Single-ended Channels
    - 7 Differential Channels in TQFP Package Only
    - 2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 200x
  - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
  - Programmable Serial USART
  - Master/Slave SPI Serial Interface
  - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
  - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
  - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
  - Internal Calibrated RC Oscillator
  - External and Internal Interrupt Sources
  - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
- I/O and Packages
  - 32 Programmable I/O Lines
  - 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, and 44-pad QFN/MLF
- Operating Voltages
  - 2.7V – 6.5V for ATmega16L
  - 4.5V – 6.5V for ATmega16
- Speed Grades
  - 0 – 8 MHz for ATmega16L
  - 0 – 16 MHz for ATmega16
- Power Consumption (at 1 MHz, 3V, and 25°C for ATmega16L)
  - Active: 1.1 mA
  - Idle Mode: 0.35 mA
  - Power-down Mode: < 1 µA



**8-bit AVR®**  
**Microcontroller**  
**with 16K Bytes**  
**In-System**  
**Programmable**  
**Flash**

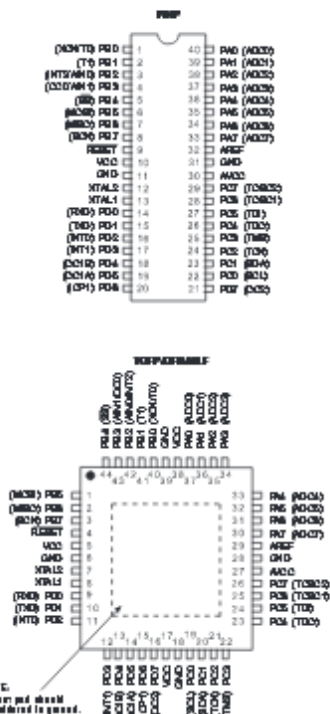
**ATmega16**  
**ATmega16L**

Rev. 2485T-AVR-07/00



# Pin Configurations

Figure 1. Pinout ATmega16



## Disclaimer

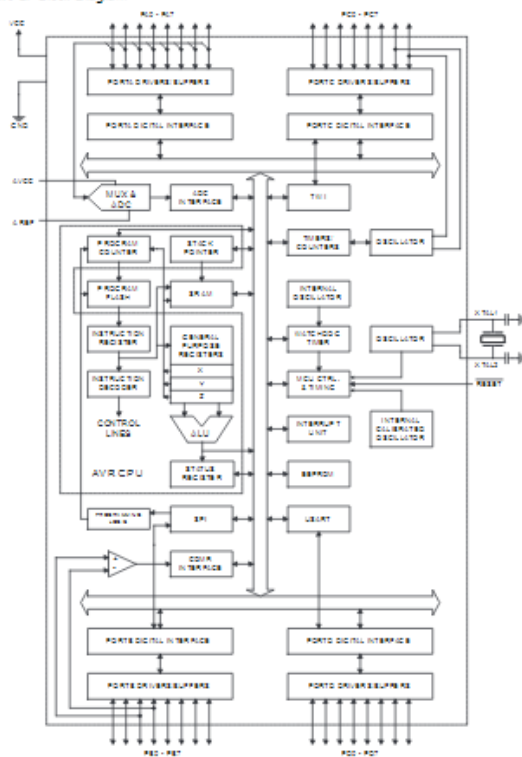
Typical values contained in this datasheet are based on simulations and characterization of other AVR microcontrollers manufactured on the same process technology. Min and Max values will be available after the device is characterized.

## Overview

The ATmega16 is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega16 achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

## Block Diagram

Figure 2. Block Diagram



The AVR core combines a rich instruction set with 32 general purpose working registers. All the 32 registers are directly connected to the Arithmetic Logic Unit (ALU), allowing two independent registers to be accessed in one single instruction executed in one clock cycle. The resulting architecture is more code efficient while achieving throughputs up to ten times faster than conventional CISC microcontrollers.

The ATmega16 provides the following features: 16 Kbytes of In-System Programmable Flash Program memory with Read-While-Write capabilities, 512 bytes EEPROM, 1 Kbyte SRAM, 32 general purpose I/O lines, 32 general purpose working registers, a JTAG interface for Boundary-scan, On-chip Debugging support and programming, three flexible Timer/Counters with compare modes, internal and external interrupts, a serial programmable USART, a byte-oriented Two-wire Serial Interface, an 8-channel, 10-bit ADC with optional differential input stage with programmable gain (TQFP package only), a programmable Watchdog Timer with internal Oscillator, an SPI serial port, and six software selectable power saving modes. The Idle mode stops the CPU while allowing the USART, Two-wire Interface, A/D Converter, SRAM, Timer/Counters, SPI port, and Interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the register contents but freezes the Oscillator, disabling all other chip functions until the next External Interrupt or Hardware Reset. In Power-save mode, the Asynchronous Timer continues to run, allowing the user to maintain a timer base while the rest of the device is sleeping. The ADC Noise Reduction mode stops the CPU and all I/O modules except Asynchronous Timer and ADC, to minimize switching noise during ADC conversions. In Standby mode, the crystal/resonator Oscillator is running while the rest of the device is sleeping. This allows very fast start-up combined with low-power consumption. In Extended Standby mode, both the main Oscillator and the Asynchronous Timer continue to run.

The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology. The On-chip ISP Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system through an SPI serial interface, by a conventional nonvolatile memory programmer, or by an On-chip Boot program running on the AVR core. The boot program can use any interface to download the application program in the Application Flash memory. Software in the Boot Flash section will continue to run while the Application Flash section is updated, providing true Read-While-Write operation. By combining an 8-bit RISC CPU with In-System Self-Programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel ATmega16 is a powerful microcontroller that provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

The ATmega16 AVR is supported with a full suite of program and system development tools including C compilers, macro assemblers, program debugger/simulators, in-circuit emulators, and evaluation kits.

## Pin Descriptions

**VCC** Digital supply voltage.

**GND** Ground.

**Port A (PA7...PA0)** Port A serves as the analog inputs to the A/D Converter.

Port A also serves as an 8-bit bi-directional I/O port, if the A/D Converter is not used. Port pins can provide internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port A output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. When pins PA0 to PA7 are used as inputs and are externally pulled low, they will source current if the internal pull-up resistors are activated. The Port A pins are tristated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

<b>PortB (PB7..PB0)</b>	<p>Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p> <p>Port B also serves the functions of various special features of the ATmega16 as listed on <a href="#">page 58</a>.</p>
<b>PortC (PC7..PC0)</b>	<p>Port C is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port C output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running. If the JTAG Interface is enabled, the pull-up resistors on pins PC5(TDI), PC3(TMS) and PC2(TCK) will be activated even if a reset occurs.</p> <p>Port C also serves the functions of the JTAG Interface and other special features of the ATmega16 as listed on <a href="#">page 61</a>.</p>
<b>PortD (PD7..PD0)</b>	<p>Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p> <p>Port D also serves the functions of various special features of the ATmega16 as listed on <a href="#">page 63</a>.</p>
<b>RE SET</b>	<p>Reset Input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in <a href="#">Table 15</a> on <a href="#">page 38</a>. Shorter pulses are not guaranteed to generate a reset.</p>
<b>XTAL1</b>	Input to the Inverting Oscillator amplifier and input to the Internal clock operating circuit.
<b>XTAL2</b>	Output from the Inverting Oscillator amplifier.
<b>AVCC</b>	AVCC is the supply voltage pin for Port A and the A/D Converter. It should be externally connected to $V_{CC}$ , even if the A/D is not used. If the A/D is used, it should be connected to $V_{CC}$ through a low-pass filter.
<b>AREF</b>	AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.

**Resources**

A comprehensive set of development tools, application notes and data sheets are available for download on <http://www.atmel.com/avr>.

**Data Retention**

Reliability Qualification results show that the projected data retention failure rate is much less than 1 PPM over 20 years at 85°C or 100 years at 25°C.





## LAMPIRAN D

### DATA SHEET TERMOKOPEL

## Temperature - Electromotive Force (EMF) Tables for Standardized Thermocouples <sup>1</sup>

This reference manual consists of reference tables that give temperature-electromotive force (emf) relationships for Types B, E, J, K, R, S, T and C thermocouples. These are the thermocouple types most commonly used in industry.

These tables give emf values to three decimal places (1  $\mu\text{V}$ ) for each degree of temperature. Such tables are satisfactory for most industrial uses but may not be adequate for computer and similar applications. If greater precision is required, the reader should refer to the NIST reference noted below which also includes tables giving emf values to four decimal places (0.1  $\mu\text{V}$ ) as well as equations which permit easy and unique generation of the temperature-emf relationship.

<sup>1</sup> All temperature - electromotive force data in Tables 3 to 18 have been extracted from "Temperature-Electromotive Force Reference Functions and Tables for the Letter-Designated Thermocouple Types Based on the ITS-90" *National Institute of Standards and Technology Monograph 175 and ASTM E230*.

#### List of Tables

Following is a list of the thermocouple tables included in this reference manual.

Table	Type	Range
1	Limits of error	
2	Recommended upper temperature limits for protected thermocouples	
3	B	(0 to 1820) °C
4	B	(32 to 3308) °F
5	E	(-270 to 1000) °C
6	E	(-454 to 1832) °F
7	J	(-210 to 1200) °C
8	J	(-346 to 2192) °F
9	K	(-270 to 1372) °C
10	K	(-454 to 2500) °F
11	N	(-270 to 1300) °C
12	N	(-454 to 2372) °F
13	R	(-50 to 1768) °C
14	R	(-58 to 3214) °F
15	S	(-50 to 1768) °C
16	S	(-58 to 3214) °F
17	T	(-270 to 400) °C
18	T	(-454 to 752) °F
19	C	(0 to 2315) °C
20	C	(32 to 4200) °F

**Table 1 — Initial Limits of Error for Thermocouples**

Type	Temperature Range		Tolerances-Reference Junction 0 °C [32 °F]			
	°C	°F	Standard Tolerances		Special Tolerances	
			°C	°F	°C	°F
T	0 to 370	32 to 700	± 1.0 or ± 0.75 %	Note 1	± 0.5 or 0.4 %	Note 1
J	0 to 760	32 to 1400	± 2.2 or ± 0.75 %		± 1.1 or 0.4 %	
E	0 to 870	32 to 1600	± 1.7 or ± 0.5 %		± 1.0 or ± 0.4 %	
K or N	0 to 1260	32 to 2300	± 2.2 or ± 0.75 %		± 1.1 or ± 0.4 %	
R or S	0 to 1480	32 to 2700	± 1.5 or ± 0.25 %		± 0.6 or ± 0.1 %	
B	870 to 1700	1600 to 3100	± 0.5 %		± 0.25 %	
C	0 to 2315	32 to 4200	± 4.4 or ± 1 %			
T <sup>A</sup>	-200 to 0	-328 to 32	± 1.0 or ± 1.5 %		<sup>B</sup>	
E <sup>A</sup>	-200 to 0	-328 to 32	± 1.7 or ± 1 %		<sup>B</sup>	
K <sup>A</sup>	-200 to 0	-328 to 32	± 2.2 or ± 2 %		<sup>B</sup>	

<sup>A</sup> If materials are required to meet the tolerances stated for temperatures below 0 °C the purchase order must so state.

<sup>B</sup> Special tolerances for temperatures below 0°C are difficult to justify, values for Type E and T thermocouples are suggested as a guide.

Type E (-200 to 0) °C ± 1 °C or ± 0.5 %, whichever is greater

Type T (-200 to 0) °C ± 0.5 °C or ± 0.8 %, whichever is greater

Note 1 — The Fahrenheit tolerance is 1.8 times larger than the °C tolerance at the equivalent °C temperature. Note particularly that percentage tolerance apply only to temperature that are expressed in °C

**Table 2 — Recommended Upper Temperature Limits for Protected Thermocouples**

Upper Temperature limit for Various Wire Gage Sizes (Awg). °C [°F]						
Type	8 Gage	14 Gage	20 Gage	24 Gage	28 Gage	30 Gage
T		370 [700]	260 [500]	200 [400]	200 [400]	150 [300]
J	760 [1400]	590 [1100]	480 [900]	370 [700]	370 [700]	320 [600]
E	870 [1600]	650 [1200]	540 [1000]	430 [800]	430 [800]	370 [700]
K and N	1260 [2300]	1090 [2000]	980 [1800]	870 [1600]	870 [1600]	760 [1400]
R and S				1480 [2700]	1480 [2700]	
B				1700 [3100]	1700 [3100]	
C				2315 [4200]		

## **LAMPIRAN E**

### **PENGUJIAN SPESIFIKASI ELEMEN PEMANAS**

Pada saat pemesanan elemen pemanas yang dipakai diminta untuk membuat elemen pemanas sebesar 500 watt 220 V. Namun pada sistem oven kunyit ini digunakan 2 elemen yang sama, sehingga besar total daya dan tegangan elemen pemanas adalah 1000 watt 220 V. Sehingga “Daya listrik yang dipakai oleh elemen pemanas tersebut 1000 W jika dipasang pada tegangan 220 V”. jika tegangan yang diberikan kepada alat tersebut kurang dari 220 V, daya yang dipakai alat tersebut juga akan berkurang dari 1000 W. daya sesungguhnya yang dipergunakan oleh suatu alat akan memenuhi persamaan :

$$P_2 = (V_2/V_1)^2 \times P_1$$

Keterangan :

$P_2$  = daya yang dipakai (watt, W)

$P_1$  = daya yang tertulis pada spesifikasi (watt, W)

$V_2$  = tegangan yang diberikan (volt, V)

$V_1$  = tegangan yang tertulis pada spesifikasi (volt, V)

Dengan menganggap bahwa hambatan alat listrik R selalu konstan. Berikut ini merupakan data uji daya elemen listrik, dimana untuk memastikan spesifikasi elemen pemanas pada alat pemotong dan pengering kunyit (1000 watt, 220 V). Pengambilan data dilakukan setiap 2 menit selama 20 menit

**Tabel F1** Data Uji Elemen Pemanas

<b>No</b>	<b>Waktu (Menit)</b>	<b>Suhu (C)</b>	<b>Volt (V)</b>	<b>Arus (A)</b>
1	10	35	220	1,2
2	13	45	220	1,5
3	15	50	220	1,7
4	20	55	220	2,0
5	22	60	220	2,4
6	27	65	220	2,7
7	30	70	220	2,8
8	34	85	220	3,0
9	40	90	220	3,3
10	45	100	220	3,5

Data pengukuran diatas di batasi pada suhu  $100^{\circ}\text{C}$  dan untuk mengukur arus yang ada digunakan clamp meter dengan besar arus 4,2 ampere dan sesuai dengan hukum ohm dapat dihitung bahwa daya elemen pemanas adalah 1000 watt.

## LAMPIRAN F DOKUMENTASI PENGERINGAN KUNYIT



**Gambar E1** Pengukuran Massa Kunyit Awal



**Gambar E2** Pengukuran Kadar Air Kunyit Awal



**Gambar E3** Kunyit Basah



**Gambar E4** Kunyit Kering dengan Suhu Pengeringan 50 °C  
Selama 150 Menit



**Gambar E5** Kunyit Kering dengan Suhu Pengeringan 60 °C  
Selama 135 Menit



**Gambar E6** Kunyit Kering dengan Suhu Pengeringan 70 °C  
Selama 100 Menit



**Gambar E6** Penampang dalam *Rotary Dryer*



## AORY MOISTURE TESTER YBG - LM 9



Alat ini adalah alat tester / pengukur kadar air yang dapat membantu mendeteksi kadar air produk dengan akurat, dan juga sangat mudah digunakan.

Macam-macam produk yang dapat diukur antara lain, kacang-kacangan dan biji-bijian, seperti kacang hijau, kacang wijen, kacang kedelai, jagung, kopi, biji bunga matahari, biji kapas, gandum, beras, gabah dan lain-lain.

Keterangan :

1. Tekan Tombol "ON/OFF" untuk menyalakan dan mematikan alat tester.
2. Tekan Tombol "TYPE" sampai muncul angka dari jenis produk yang dikehendaki untuk diukur kadar airnya.
3. Tekan tombol "VOICE" agak lama sampai muncul tulisan :  
F1, F2 suara dalam bahasa mandarin  
F3 suara "bib"  
F4 tidak ada suara
4. Untuk penyesuaian prosentase kadar air  
- tekan terlebih dahulu tombol "VOICE" sampai posisi tulisan F1  
- kemudian tekan tombol "SETTING" agak lama sampai muncul :  
H1 untuk penambahan 1% -4 untuk pengurangan 4%  
H2 untuk penambahan 2% -3 untuk pengurangan 3%  
H3 untuk penambahan 3% -2 untuk pengurangan 2%  
H4 untuk penambahan 4% -1 untuk pengurangan 1%  
H5 untuk penambahan 5%
5. Alat tester siap digunakan dengan cara ditusukkan ke media yang akan diukur kadar airnya tanpa perlu membuka karung atau pembungkisnya. Pada layar LCD akan muncul angka kadar airnya.

Type YBG-LM8	JENIS PRODUK	SETTING	BATAS KADAR AIR
YBG-LM8	1. Seed cotton	5.0 - 40%	8.0 - 40%
	2. Wheat		11.5 - 40%
	3. Corn		12.0 - 40%
	4. Rice		11.5 - 40%
	5. Rapeseed		8.0 - 40%
	6. Soybean		10.5 - 40%

**Gambar E6 Spesifikasi Moisture Testere**